

3100097008775

**AKUISISI DATA DENGAN JARINGAN SARAF TIRUAN  
PADA INSTRUMENTASI  
MOBIL LISTRIK TENAGA SURYA WIDYA WAHANA III**

**TUGAS AKHIR**

Disusun oleh :  
**DADIK SETYO WIDODO**  

---

NRP. 2902201439

RSE  
621.399  
Wid  
a-1  

---

1996



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
1996**

PERPUSTAKAAN I T S	
Tgl. Terima	09 JAN 1997
Terima Dari	H

**AKUISISI DATA DENGAN JARINGAN SARAF TIRUAN  
PADA INSTRUMENTASI  
MOBIL LISTRIK TENAGA SURYA WIDYA WAHANA III**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro  
Pada**

**Bidang Studi Elektronika  
Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
S u r a b a y a**

**Mengetahui / Menyetujui**

**Dosen Pembimbing I**



**(Ir. MURDI ASMOROADJI)**

**Dosen Pembimbing II**



**(Ir. HENY UTAMI)**

**S U R A B A Y A  
AGUSTUS, 1996**



## **ABSTRAK**

Dalam tugas akhir ini direncanakan dan dibuat perangkat instrumentasi dan sistem telemetri yang menggunakan algoritma jaringan saraf tiruan pada akuisisi datanya. Perangkat instrumentasi dan sistem telemetri ini digunakan pada mobil listrik tenaga surya Widy Wahana III ITS untuk mendapatkan data-data yang valid dari parameter-parameternya. Data-data parameter ini sangat dibutuhkan dalam penelitian dan pengembangan khususnya di bidang konversi energi untuk mobil listrik tenaga surya.

Dipakai algoritma jaringan saraf tiruan dengan maksud untuk membantu dalam menentukan keputusan pada sistem akuisisi data. Telemetri atau penginderaan jarak jauh dipakai karena tidak dimungkinkan seorang pengendara mobil listrik tenaga surya secara langsung mengamati seluruh parameter-parameter yang ada pada mobil ini.



## KATA PENGANTAR

Atas berkat rahmat dan pertolongan Tuhan Yang Maha Esa penulis memanjatkan puji syukur yang sedalam-dalamnya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini dalam waktu yang telah ditentukan. Tugas akhir ini berjudul "**Akuisisi Data dengan Jaringan Saraf Tiruan pada Instrumentasi Mobil Listrik Tenaga Surya Widya Wahana III**" yang merupakan salah satu syarat menyelesaikan pendidikan di Jurusan Teknik Elektro , Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Banyak pihak yang telah berperan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Murdi Asmoro Adji dan Ibu Ir. Heny Utami, selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Ir. Moch. Heroe selaku dosen wali yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis.
3. Bapak Ir. Soetikno selaku koordinator Bidang Studi Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri ITS.
4. Bapak Dr. Ir. Moch. Salehudin M. Eng,Sc selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro FTI ITS.
5. Seluruh Staf Dosen Pengajar di Jurusan Teknik Elektro FTI - ITS.
6. Seluruh Staf dan Karyawan di Jurusan Teknik Elektro FTI - ITS.

7. Agung Poeyi, Eka, Helos, Helmi, Iyang, Ketal, Lilik, Rudi Gondes, Udang dan Yusuf yang telah banyak memberikan bantuan, sumbangan pemikiran, serta dorongan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Bapak dan Ibu tercinta yang telah mendidik penulis dan memberikan dorongan dan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Kakek-Nenek, Mas Nanang, Mbak Eli, Dik Ita, Dik Hesty, semua Paklik dan Bulik, dan semua pihak yang tidak mungkin penulis menyebutkan satu persatu yang telah memberikan dorongan dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Dengan kerendahan hati penulis mengharapkan kritik serta saran demi penyempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata penulis berharap agar tugas akhir ini banyak memberikan manfaat bagi umat manusia pada umumnya, dan mahasiswa elektro pada khususnya.

Surabaya, Juli 1996

Penulis

## DAFTAR ISI

JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
ABSTRAK .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan .....	2
1.3 Pembatasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Metodologi .....	3
1.6 Sistematik Pembahasan .....	4
1.7 Relevansi .....	5
BAB II TEORI PENUNJANG .....	6
2.1 Akuisisi Data .....	6
2.1.1 Transduser .....	6
2.1.1.1 Variable Reluctance Magnetic Pick Up .....	7
2.1.1.2 Sensor Suhu (LM35) .....	7
2.1.1.3 Frequency to Voltage Converter LM2907 .....	8



2.1.2	Penguat Operasional .....	9
2.1.3	Penguat Instrumentasi .....	10
2.1.4	Multiplexer Analog .....	11
2.1.5	Konversi Analog ke Digital .....	11
2.1.5.1	Analog to Digital Converter AD574A .....	13
2.1.5.2	Pengoperasian Mode "Stand Alone" .....	14
2.1.5.3	Kalibrasi Bipolar .....	14
2.2	Mikroprosesor 80386 .....	15
2.2.1	Arsitektur Mikroprosesor 80386 .....	16
2.2.2	Register 80386 .....	19
2.3	Programmable Peripheral Interface (PPI) 8255 .....	20
2.3.1	Pengoperasian PPI 8255 .....	22
2.4	Interfacing ke Komputer IBM PC .....	23
2.5	Komunikasi Data Serial .....	25
2.5.1	Metode dan Standar Transmisi Serial Asinkron .....	26
2.5.2	Current loop 20 mA .....	26
2.6	RS 232C .....	27
2.6.1	Pin-pin Sinyal RS232C .....	28
2.6.2	Konfigurasi Hubungan RS232C .....	31
2.7	Pemrograman UART INS 8250 .....	32
2.8	Jaringan Saraf Tiruan .....	35
2.8.1	Konsep Dasar Jaringan Saraf Tiruan .....	35
2.8.2	Sel Saraf Biologis .....	37
2.8.3	Permodelan Sel Saraf Tiruan .....	38

2.8.4	Aturan Belajar Jaringan Saraf Tiruan .....	40
2.8.5	Model Jaringan Saraf Back Propagation .....	41
2.8.6	Aturan Delta .....	42
2.8.7	Aturan Delta Tergeneralisasi .....	44
2.8.8	Algoritma Pelatihan Propagasi Balik (Back Propagation) .....	46
2.8.9	Kesalahan Belajar .....	49
2.8.10	Faktor-faktor Belajar .....	49
2.8.11	Inisialisasi Bobot .....	50
2.8.12	Adaptasi Kumulatif dan Adaptasi Biasa .....	50
2.8.13	Kecepatan Belajar .....	50
2.8.14	Momentum .....	51
BAB III	PERANGKAT KERAS .....	52
3.1	Blok Diagram Sistem .....	52
3.1.1	Sistem Konversi Energi .....	52
3.1.2	Sistem Akuisisi Data .....	53
3.2	Sensor dan Pengkondisi Sinyal .....	55
3.2.1	Sensor Tegangan dan Arus .....	56
3.2.2	Sensor Temperatur .....	57
3.2.3	Tachometer .....	57
3.2.4	Modul Pengkondisi Sinyal .....	58
3.3	Multiplexer dan Buffer .....	59
3.4	Antar-muka Paralel .....	60
3.5	Analog to Digital Converter .....	61
3.6	Modul Komunikasi Serial RS232C .....	63



BAB IV DESAIN PERANGKAT LUNAK .....	64
4.1    Gambaran Umum .....	64
4.2    Program Utama .....	65
4.3    Prosedur Konversi Analog to Digital .....	66
4.4    Proses Jaringan Saraf Tiruan .....	66
4.5    Menampilkan data pada LCD .....	69
4.6    Prosedur Transmit dan Receive RS232 dengan modem .....	69
4.7    Struktur Program Delphi .....	70
4.7.1    Organisasi Form .....	70
BAB V PENGUJIAN PERALATAN DAN KALIBRASI .....	72
5.1    Pengujian dan Kalibrasi Tachometer .....	72
5.2    Pengujian dan Kalibrasi Transduser Suhu .....	72
5.3    Pengujian dan Kalibrasi Signal Conditioner & Analog Multiplexer .....	73
5.4    Pengujian dan Kalibrasi Analog to Digital Converter .....	74
BAB VI PENUTUP. ....	75
6.1    Kesimpulan. ....	75
6.2    Saran-saran dan Kemungkinan Pengembangan. ....	75
DAFTAR PUSTAKA. ....	76
LAMPIRAN. ....	78

## DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	HALAMAN
2.1 Variable Reluctance Magnetic Pick Up .....	7
2.2 Blok Diagram LM 2907 .....	8
2.3 Penguat Instrumentasi .....	10
2.4 Blok Diagram Successive Approximation ADC .....	12
2.5 Blok Diagram ADC AD574A .....	13
2.6 Timing diagram ADC AD574 .....	14
2.7 Rangkaian Kalibrasi Bipolar .....	15
2.8 Group Sinyal Mikroprosesor 80386 .....	16
2.9 Blok Diagram PPI 8255 .....	21
2.10 Mode Format Kontrol Word .....	23
2.11 Konfigurasi Pin-pin I/O Chanel IBM PC 8-bit .....	24
2.12 Format Bit Transmisi Serial asinkron .....	26
2.13 Blok Diagram Asynchronous Communication Adapter .....	27
2.14 Karakteristik Tegangan RS 232C .....	28
2.15 Hubungan RS 232C Null Modem .....	31
2.16 Hubungan RS 232C Tanpa Handshake .....	32
2.17 Sel Saraf Biologis .....	37
2.18 Model Sel Saraf Tiruan .....	38
2.19 Fungsi Sigmoid .....	39
2.20 Model Multilayer Perseptron Dengan Kaidah Belajar Back Propagation .....	42

2.21 Aturan Belajar Delta .....	43
3.1 Blok Diagram Power System Mobil Surya. ....	53
3.2 Blok Diagram Sistem Akuisisi Data dan Telemetry. ....	53
3.3 Sensor Tegangan dan Sensor Arus. ....	56
3.4 Transducer Suhu .....	57
3.5 Rangkaian Tachometer. ....	58
3.6 Pengkondisi Sinyal Kecil .....	59
3.7 Pengkondisi Sinyal Besar. ....	59
3.8 Analog Multiplexer. ....	60
3.9 Rangkaian Antar Muka Paralel .....	61
3.10 Address Decoder. ....	62
3.11 Rangkaian ADC .....	62
4.1 Flowchart Program Utama. ....	65
4.2 Flowchart Proses ADC .....	66
4.3 Flowchart Proses Belajar JST. ....	67
4.4 Test Hasil JST. ....	68
4.5 Procedure Tampilan LCD. ....	69
4.6 TX-RX RS 232C. ....	69

## DAFTAR TABEL

TABEL	HALAMAN
2.1 Tabel Kebenaran Multiplexer Analog 4051 .....	11
2.2 Nama Pin dan Keterangan Sinyal RS 232C .....	30
2.3 Alamat Register UART INS 8250 .....	32



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

---

### **1.1. Latar Belakang**

Sejalan dengan makin meningkatnya tuntutan hidup manusia, meningkat pula kebutuhan akan energi. Dewasa ini bahan bakar minyak merupakan pemasok terbesar bagi penyediaan energi tersebut. Padahal keberadaan BBM makin hari makin langka dan makin terbatas, karena minyak merupakan sumber energi yang tak terbaharukan. Begitupun sisa-sisa pembakaran dari BBM berdampak negatif bagi lingkungan baik berupa pulusi suara, udara, air dan tanah.

Untuk menjawab tantangan ini kemudian muncul ide-ide dalam mendayagunakan sumber daya alam lain yang terbaharukan yang akrab lingkungan dalam arti tidak menyebabkan polusi. Salah satu alternatif yaitu dengan mengkonversi energi surya menjadi energi listrik. Mobil listrik bertenaga surya merupakan alat transportasi alternatif masa depan yang menerapkan teknologi ini. Sebagai suatu partisipasi dan kepedulian atas permasalahan tersebut lahirlah mobil bertenaga surya ITS generasi pertama yang disebut juga **Widya Wahana I**, generasi kedua **Widya Wahana II**, dan untuk selanjutnya disempurnakan menjadi **Widya Wahana III**.

Bagaimana unjuk kerja dari mobil listrik tenaga surya sangat bergantung dari beberapa parameter pokok baik yang menyangkut sistem konversi energi maupun kondisi di sekitar sistem yang meliputi arus-tegangan ( solar array, battery, dan motor ), temperatur, putaran motor dan kecepatan. Untuk keperluan sensing terhadap parameter-parameter tersebut diperlukan suatu sistem akuisisi data yang handal sehingga diperoleh data-data yang valid yang selanjutnya



dapat digunakan untuk optimasi konversi energi dan pengembangan mobil tenaga surya di waktu mendatang.

## **1.2. Permasalahan**

Sistem instrumentasi manual pada mobil listrik tenaga surya khususnya seperti yang ada pada Mobil Surya ITS generasi I dan II, dihadapkan pada permasalahan akurasi, kecepatan proses, serta keandalan pembacaan parameter-parameter mobil sebagai suatu sistem yang dinamik. Pemantauan parameter-parameter mobil secara terus menerus dilakukan karena berhubungan dengan status dan kondisi proses konversi energi yang terjadi yang meliputi energi surya menjadi energi listrik oleh solar sel yang kemudian disimpan pada battery dan kemudian energi listrik oleh motor dikonversi menjadi energi gerak.

Widya Wahana III sebagai mobil penelitian yang merupakan suatu sistem dinamik, penginderaan terhadap parameter-parameternya perlu dilakukan dari jarak jauh ( *telemetry* ) sehingga tidak mengganggu sistem operasional mobil.

## **1.3. Pembatasan Masalah**

Parameter-parameter yang ada pada mobil tenaga surya sangat kompleks, dan jika dilakukan akuisisi data untuk seluruh parameternya maka instrumentasinya akan menjadi sangat rumit. Akan tetapi ada beberapa parameter penting yang dianggap sangat mempengaruhi unjuk kerja mobil secara keseluruhan. Oleh sebab itu dalam tugas akhir ini akuisisi data pada sistem instrumentasi Mobil Listrik Tenaga Surya Widya Wahana III ITS dibatasi pada parameter-parameter yang penting dan berhubungan erat dengan konversi energi yaitu temperatur, kecepatan mobil, putaran motor, dan arus-tegangan (solar array, battery, dan motor).

Dipilih salah satu metoda dari "Jaringan Saraf Tiruan" yang diharapkan dapat membantu dalam pengambilan keputusan untuk akuisisi data agar diperoleh data yang valid dan lebih akurat.

Untuk penginderaan jarak jauh dilakukan dengan transmisi radio yang dimodulasikan dalam mode FSK (Frekuensi Shift Keying).

#### 1.4. Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah mewujudkan Instrumentasi Mobil Listrik Tenaga Surya Widya Wahana III ITS dengan akuisisi data yang menerapkan algoritma Jaringan Sarap Tiruan dengan harapan didapatkan data-data parameter yang menunjukkan unjuk kerja dan kondisi mobil surya secara valid dan akurat untuk kepentingan penelitian dan pengembangan sehingga mobil listrik bertenaga surya sebagai sarana transportasi alternatif masa depan akan terwujud.

#### 1.5. Metodologi

Untuk mencapai tujuan yang diinginkan dalam pengerjaan tugas akhir ini dilakukan metoda/langkah sebagai berikut :

- ☒ Studi literatur mengenai power sistem mobil surya dan parameter-parameter yang ada, sistem akuisisi data, algoritma jaringan saraf tiruan, metode-metode pengukuran dan pembacaan parameter secara elektronik, pemrograman komputer serta rangkaian elektronika.
- ☒ Studi literatur mengenai akuisisi data dan instrumentasi, dengan antar-mukanya ke mikrokomputer, pemrograman grafik dan komunikasi data.



- ☑ Perencanaan perangkat keras dan perangkat lunak untuk sistem akuisisi data, instrumentasi, komunikasi data dan algoritma jaringan saraf tiruan.
- ☑ Implementasi perangkat keras dan perangkat lunak yang meliputi penyusunan blok diagram, penyusunan rangkaian lengkap, pembuatan papan rangkaian tercetak (PCB), perakitan, penyusunan perangkat lunak komputer serta pengujian dan kalibrasi rangkaian secara terintegrasi hingga semua bagian bekerja dengan baik.
- ☑ Pembuatan laporan dan buku tugas akhir.

#### 1.6. Sistematika Pembahasan

Tugas Akhir ini disusun dengan sistematika sebagai berikut :

Pada Bab I - Pendahuluan, dijelaskan mengenai latar belakang pemilihan judul Tugas Akhir, permasalahan, tujuan penyusunan tugas akhir, metodologi, sistematika pembahasan dan relevansi penyusunan tugas akhir ini.

Pada Bab II -Teori Penunjang, dijelaskan mengenai dasar teori dari transduser, pengkondisi sinyal yang meliputi penguat operasional dan penguat instrumentasi, akuisisi data, mikroprosesor 80386, antar-muka paralel, komunikasi data serial radio modem dan metoda jaringan saraf tiruan.

Pada Bab III - Desain Perangkat Keras, dibahas mengenai konsep perencanaan dan implementasi perangkat keras dan rangkaian-rangkaian pendukungnya.

Pada Bab IV - Desain Perangkat Lunak, dibahas mengenai perancangan perangkat lunak untuk akuisisi data, jaringan saraf tiruan, komunikasi data, dan pendukungnya.

Pada Bab V - Pengujian Peralatan , dibahas mengenai kalibrasi, pengujian, dan pengoperasian peralatan.

Pada Bab VI - Penutup, dibahas mengenai kesimpulan seluruh pembahasan, perancangan dan pembuatan peralatan serta saran-saran untuk penyempurnaan.

### **1.7. Relevansi**

Peralatan hasil tugas akhir ini diharapkan dapat membantu pengambilan data dan penginderaan jarak jauh dari parameter-parameter yang ada pada mobil surya pada umumnya dan untuk keperluan penelitian dan pengembangan lebih lanjut. Diharapkan berangkat dari tugas akhir ini dapat dikembangkan menjadi peralatan pintar yang bukan hanya sebagai instrumentasi tetapi dapat merupakan sistem manajemen energi yang berorientasi pada efisiensi sistem.

## **BAB II**

### **TEORI PENUNJANG**

---

#### **2.1 Akuisisi Data**

Dalam bagian ini akan dijelaskan elemen-elemen dari akuisisi data yang terdiri dari transduser atau sensor-sensor, signal conditioner, multiplexer analog, dan Analog to Digital Converter (ADC).

##### **2.1.1 Transduser**

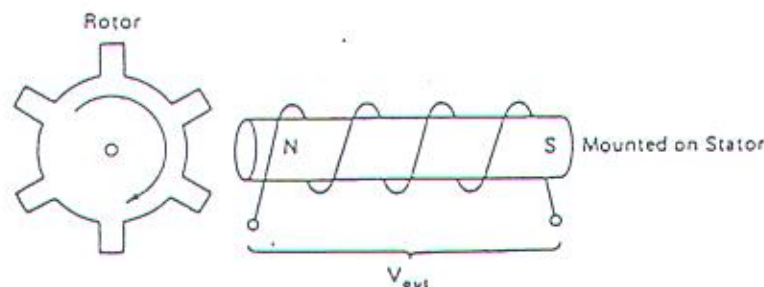
Transduser merupakan bagian yang menerima atau mendeteksi suatu besaran tertentu dan mengubahnya ke besaran yang lain dalam hal ini adalah besaran elektrik. Suatu hal yang penting dari transduser adalah kecepatan, ketelitian dan keandalan terhadap perubahan parameter yang dideteksi.

Suatu transduser atau sensor mempunyai karakteristik tertentu baik secara mekanik maupun secara elektrik, sebagai contoh misalnya sensor suhu LM35 terdiri atas beberapa jenis bahan kemasan yang mempunyai karakteristik tegangan keluaran yang linier terhadap kenaikan suhu dengan perbandingan  $10 \text{ mV}^{\circ}\text{C}$ , impedansi output yang rendah, kalibrasi langsung dalam Celsius, dan dapat dioperasikan pada jangkauan suhu dari  $-40^{\circ}\text{C}$  sampai  $+10^{\circ}\text{C}$ . Berikut ini akan dibahas beberapa sensor atau transduser yang digunakan dalam sistem akuisisi data pada tugas akhir ini.



### 2.1.1.1 Variable Reluctance Magnetic Pick Up

Sensor ini adalah suatu transduser yang akan digunakan dalam rangkaian tachometer. Prinsip kerja dari transduser ini berdasarkan perubahan fluks magnet yang terjadi karena ada perubahan gap pada rotor yang berupa gigi besi yang diputar di dekat suatu kumparan yang berintikan magnet permanen, seperti pada gambar 2.1.



gambar 2.1<sup>1</sup>  
Variable Reluctance Magnetic Pick Up

Tachometer semacam ini dinamakan *frequency-tachometer* dimana output dari sensor Variable Reluctance Magnetik Pic Up adalah sinyal dengan frekuensi yang variabel sesuai dengan perubahan celah-celah roda gigi yang berputar. Sinyal output tersebut kemudian oleh rangkaian Frequency to Voltage diubah ke dalam besaran tegangan yang selanjutnya akan diolah oleh ADC.

### 2.1.1.2 Sensor Suhu (LM35)

IC LM35 merupakan sensor suhu yang bekerja berdasarkan arus bocor dioda di daerah *breakdown*. Sebagaimana telah diketahui bahwa arus bocor dioda akan naik jika suhu lingkungan naik dan demikian pula dengan tegangan *PN junction* akan meningkat.

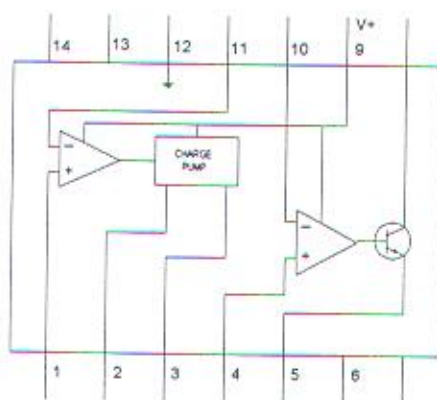
<sup>1</sup> Timothy J. Maloney, *Industrial Solid State Electronic*, Prentice Hall, New Jersey 1986, Hal.442

Rangkaian sensor IC LM35 mempunyai kemampuan untuk mengeliminasi kesalahan linier yang merupakan kekurangan dari sensor termokopel dan thermistor. Tetapi kelemahannya adalah timbulnya kesalahan *self heating*, sehingga untuk mengurangi kesalahan IC LM35 harus dioperasikan pada arus minimum namun masih cukup untuk membias sensor. IC ini bekerja sebagai zener dua terminal dengan tegangan breakdown output sebanding dengan  $10 \text{ mV}^{\circ}\text{C}$ .

### 2.1.1.3 Frequency to Voltage Converter LM2907

Untuk mendapatkan data kecepatan sudut rotor mesin, diperlukan sebuah konverter dari frekuensi ke tegangan hingga bisa dibaca oleh ADC. Tugas ini dijalankan oleh LM2907 yang memiliki hubungan input-output berupa konverter frekuensi ke tegangan secara linier (untuk frekuensi 0 maka tegangan output adalah 0, dan untuk frekuensi lain adalah sebanding ). Blok diagram LM 2907 adalah seperti terlihat pada gambar 2.2.

LM2907 terdiri dari bagian-bagian dasar yaitu sebuah amplifier input dengan hysteresis, sebuah pompa muatan (*charge pump*) sebagai pengkonversi frekuensi ke tegangan, dan sebuah komparator yang dilengkapi dengan transistor output.



Gambar 2.2<sup>2</sup>

Blok Diagram LM2907

<sup>2</sup> Linear 3, National Semikonduktor Corporation, Hal. 5-196



Input amplifier memiliki hysteresis sebesar  $\pm 15$  milivolt, untuk membersihkan noise pada sinyal input terutama jika tidak ada sinyal input. Pompa muatan dihubungkan dengan sebuah kapasitor  $C_1$  pada pin 2 dan kapasitor  $C_2$  yang diparalel dengan resistor discharge  $R_1$  pada pin 3. Pada saat bekerja, maka pada pin 3 terdapat tegangan sebesar :

$$V_3 = V_{cc} \cdot R_1 \cdot C_1 \cdot f \dots\dots\dots (2.1)^3$$

dimana :

$V_3$  = tegangan pada pin 3

$V_{cc}$  = tegangan catu

$R_1$  = resistor pada pin 3 yang terhubung ke ground

$C_1$  = kapasitor pada pin 2 yang terhubung ke ground

$f$  = frekuensi sinyal input

Tegangan pada pin 3 yang pada dasarnya merupakan tegangan output frequency to voltage converter ini dapat dihubungkan ke op-amp atau comparator internal yang telah dilengkapi dengan transistor output. Op-amp dapat dikonfigurasi sebagai voltage follower, low-pass filter, atau comparator, bergantung pada aplikasi yang diinginkan.

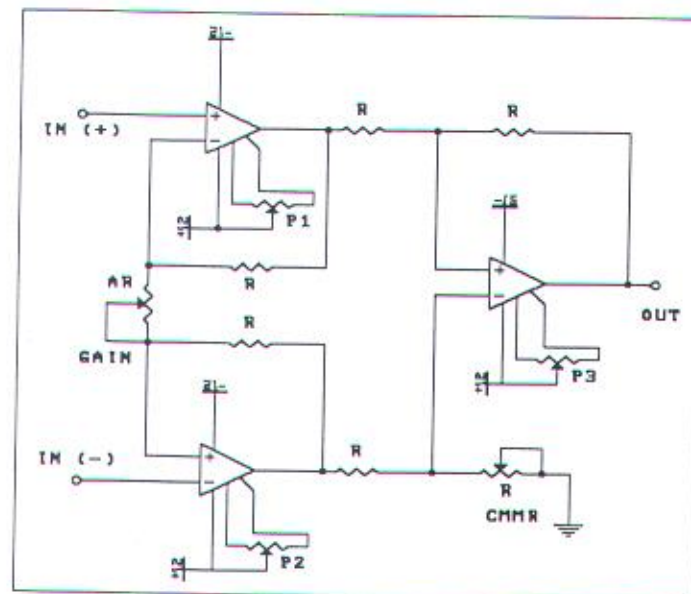
### 2.1.2 Penguat Operasional

Keluaran transducer yang sangat kecil perlu dikuatkan lagi sampai mencapai jangkauan tegangan input ADC skala penuh dengan rangkaian pengkondisi sinyal. Penguat operasional (Op-amp) merupakan komponen utama dari rangkaian pengkondisi sinyal. Penerapan op-amp dalam rangkaian pengkondisi sinyal ialah sebagai penguat *inverting*, penguat *non-inverting*, pengikut tegangan, penguat diferensial, penjumlah (*adder*), filter aktif dan penguat instrumentasi.

### 2.1.3 Penguat Instrumentasi

Penguat instrumentasi merupakan penguat differensial tegangan presisi yang diperlukan jika interferensi disekitarnya cukup tinggi dan dikhususkan terutama untuk pengukuran sinyal-sinyal yang kecil.

Penguat instrumentasi dapat dibangun dengan memakai tiga buah op-amp, yaitu dua buah sebagai penyangga (*voltage follower*) dan sebuah sebagai penguat differensial, seperti terlihat pada gambar 2.3



Gambar 2.3<sup>4</sup>

Penguat instrumentasi

Penguatan tegangan ditentukan oleh besarnya resistor variabel  $aR$ , yaitu :

$$A_v = V_o / V_i = 1 + (2/a), \quad \text{dimana } a = aR / R$$

<sup>4</sup> Coughlin, Robert F., alih bahasa Herman Widodo Soemitro, *PENGUAT OPERATIONAL DAN RANGKAIAN TERPADU LINEAR*, Erlangga, Jakarta, 1985, hal. 168.

### 2.1.4 Multiplexer Analog

Multiplexer analog merupakan rangkaian multipleks yang digunakan untuk memilih sinyal input analog, dimana kanal terpilih dipilih secara digital melalui kontrol kanal. Tabel kebenaran untuk mutiplexer analog 4051 dapat dilihat pada tabel 2.1.

Jangkauan input analog yang dapat diberikan dapat berupa tegangan input puncak ke puncak ( $V_{p-p}$ ) atau tegangan DC, tergantung dari besarnya tegangan yang diberikan pada pin  $V_{DD}$  dan  $-V_{EE}$ .

Tabel 2.1<sup>5</sup>  
Tabel kebenaran multiplexer analog 4051

INH	C	B	A	Chanel terseleksi
1	X	X	X	-
0	0	0	0	Chanel 0
0	0	0	1	Chanel 1
0	0	1	0	Chanel 2
0	0	1	1	Chanel 3
0	1	0	0	Chanel 4
0	1	0	1	Chanel 5
0	1	1	0	Chanel 6
0	1	1	1	Chanel 7

### 2.1.5 Konversi Analog Ke Digital

ADC merupakan peralatan yang dipakai untuk mengubah sinyal listrik analog menjadi sinyal digital. Dalam pembuatan ADC digunakan metoda tertentu, yang mana spesifikasinya ditentukan oleh kecepatan konversi (*conversion time*), ketepatan (*accuracy*), stabilitas (*stability*), maupun faktor biaya. Dalam Tugas Akhir ini akan digunakan ADC jenis *Successive Approximation ADC*.

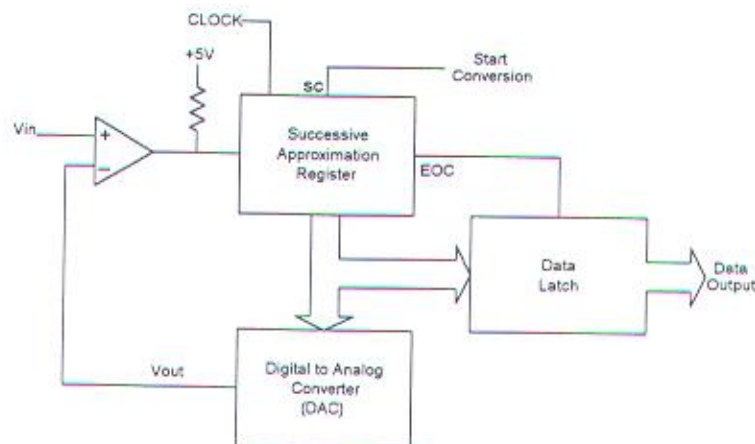
<sup>5</sup> CMOS Integrated Circuits, National Semiconductor Corporation, Hal. 2-147.



ADC jenis ini mempunyai rangkaian yang lebih kompleks dibandingkan dengan jenis *Ramp Integrating*, tetapi mempunyai waktu konversi yang lebih kecil. ADC jenis ini tidak menggunakan pencacah untuk memberikan masukan ke blok pengubah digital ke analognya (DAC), tetapi menggunakan *Register Successive Approximation (SAR)*, seperti terlihat pada gambar 2.4.

Cara kerjanya adalah sebagai berikut :

- Pada clock pertama setelah Start conversion, SAR menset MSB *high* dan bit-bit lainnya diberi logika *low*. Jika pada saat ini nilai  $V_{out}$  lebih besar daripada  $V_{in}$ , maka keluaran pembanding berubah menjadi *low* dan akan mereset MSB. Sebaliknya jika  $V_{out}$  lebih kecil dari  $V_{in}$ , MSB tetap *high*.
- Pada clock berikutnya, SAR akan menset bit setelah MSB dan mengecek kondisi komparator. Proses berulang seperti langkah sebelumnya.
- Proses tersebut akan terus dilakukan untuk seluruh bit dalam register, dimana diperlukan satu periode *clock* untuk setiap bit. Dengan resolusi 12 bit akan dibutuhkan 12 pulsa *clock* untuk satu kali konversi.

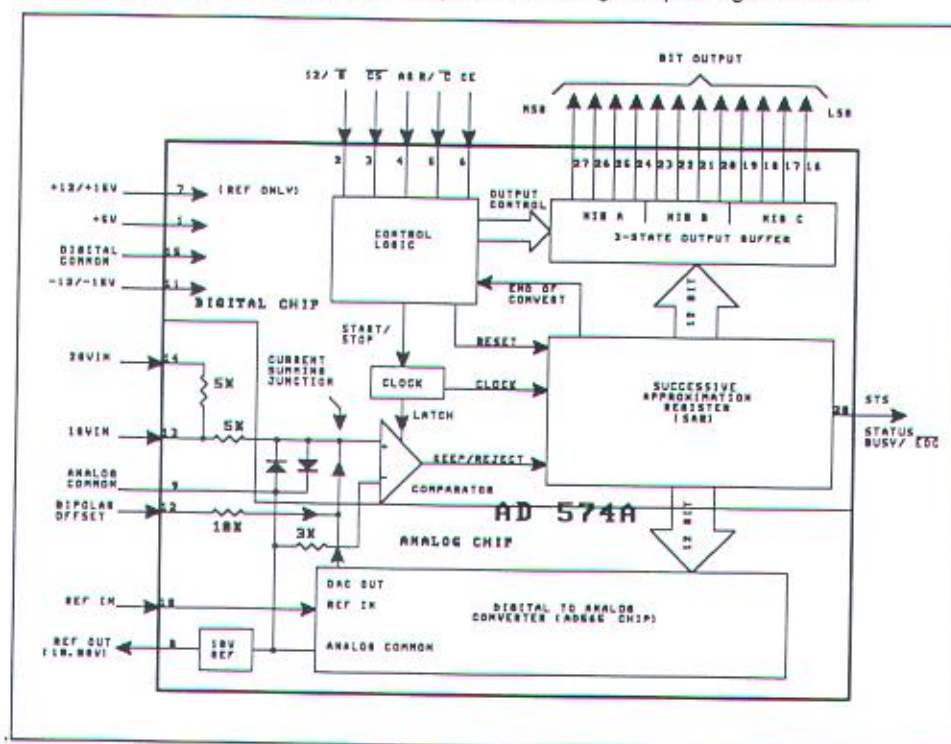


Gambar 2.4<sup>6</sup>  
Blok diagram Successive Approximation ADC

<sup>6</sup> Schuler, C.A - McNamee, W.L, *Industrial Electronics and Robotics*, McGraw-Hill International Editions, Singapore, 1988, Hal. 358.

### 2.1.5.1 Analog To Digital Converter AD574A

ADC AD574A merupakan *Successive Approximation* ADC 12 bit yang dilengkapi dengan rangkaian *buffer* keluaran *tri-state* dan langsung dapat diinterfacekan dengan 8 atau 16 bit bus mikroprosesor. ADC AD574A dirancang menjadi dua bagian dalam satu chip yaitu bagian rangkaian analog dan digital, seperti terlihat pada blok diagram pada gambar 2.5.



Gambar 2.5<sup>7</sup>  
Blok diagram ADC AD574A

Bagian rangkaian analog terdiri dari pengubah digital ke analog (DAC) 12 bit AD565A dan rangkaian tegangan referensi. Sedangkan bagian digital terdiri dari *successive approximation register*, rangkaian pengubah kontrol, *clock*, *bus interface*, *latching* komparator.

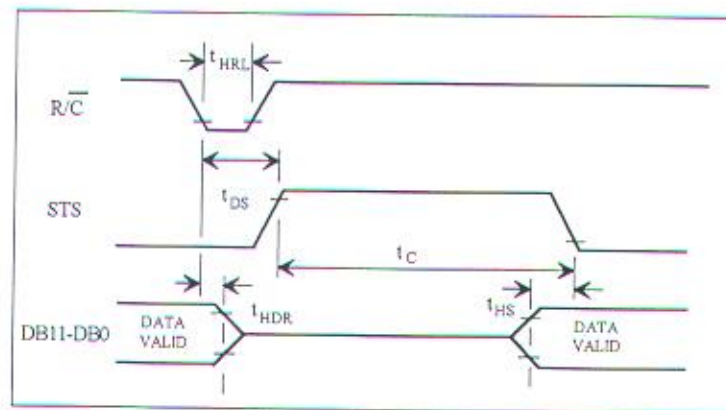
ADC 574A mempunyai dua mode tegangan input analog yaitu mode *unipolar* dan *bipolar*. Jangkauan tegangan input analognya adalah 0V sampai +10V dan 0V sampai + 20V untuk mode *unipolar*, atau - 5V sampai + 5V dan - 10V sampai + 10V untuk mode *bipolar*.

<sup>7</sup> Analog Device, Analog to Digital Converter Vol-1, Hal. 11-43



### 2.1.5.2 Pengoperasian Mode "Stand Alone"

Dalam mode ini, pin  $CE$ , dan  $12/8$  diberikan logika *high*,  $CS$  dan  $A_0$  diberikan logika *low*, dan konversi dikontrol melalui pin  $R/C$ . Buffer *Tri-state* akan di-*enable* pada saat  $R/C$  *high* dan konversi mulai saat  $R/C$  menuju logika *low*. Jika konversi dimulai dengan pulsa *low* seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6, keluaran akan mempunyai status impedansi tinggi sebagai respon dari *falling edge* dari  $R/C$  dan kembali ke level logik valid setelah siklus konversi selesai. Jalur  $STS$  menjadi *high* 500 ns setelah  $R/C$  menjadi *low* (awal konversi) dan kembali menjadi *low* 300 ns setelah data valid (siklus konversi selesai).



Gambar 2.6<sup>8</sup>  
Timing diagram ADC AD574

### 2.1.5.3 Kalibrasi Bipolar

Prosedur kalibrasi operasi bipolar mula-mula dilakukan dengan menyetel *trimmer offset* R2 untuk kalibrasi gain. Prosedur dari kalibrasi offset dan gain adalah sebagai berikut dalam hal ini dikhususkan untuk range input  $\pm 5$  V :

- ☑ Menghubungkan sinyal DC 1/2 LSB diatas skala negatif penuh ( -4,9988 V). Mengatur potensiometer  $R_1$  sehingga terjadi transisi perubahan output antara 0000 0000 0000

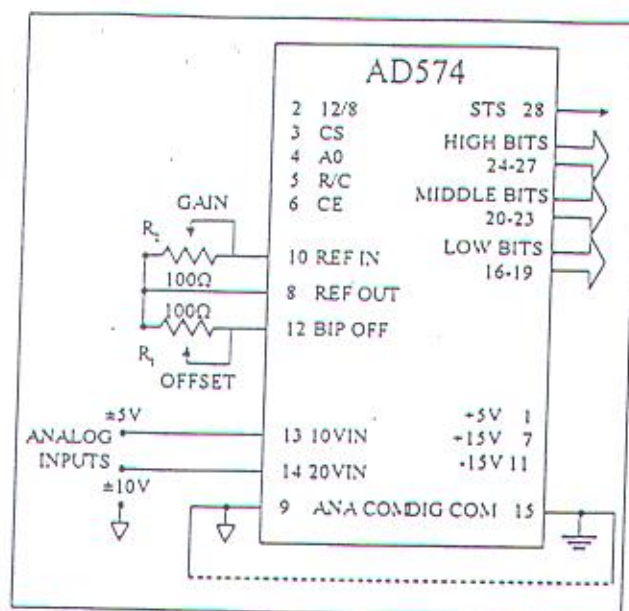
<sup>8</sup> Ibid, hal. 11-46.



dan 0000 0000 0001.

- ☑ Menghubungkan sinyal DC 1/2 LSB dibawah skala positif penuh (+ 4,9963 V ).  
Memutar potensiometer  $R_2$  sehingga terjadi transisi output antara 1111 1111 1110 menuju 1111 1111 1111.

Konfigurasi hubungan bipolar seperti ditunjukkan gambar berikut :



Gambar 2.7<sup>9</sup>  
Rangkaian kalibrasi Bipolar

## 2.2 Mikroprosesor 80386

Mikroprosesor 80386 diciptakan untuk mengatasi keterbatasan-keterbatasan mikroprosesor sebelumnya yaitu 80286 yang memiliki ALU (*Arithmetic and Logic Unit*) dengan panjang data hanya 16 bit, segmen address yang hanya selebar 64 kilobyte, dan sulitnya berpindah dari mode proteksi ke mode real dan sebaliknya. Mikroprosesor 80386 didesain memiliki ALU 32-bit, segmen address selebar 4 Gigabyte dan virtual address space selebar 64

<sup>9</sup> Ibid, Hal. 11-44

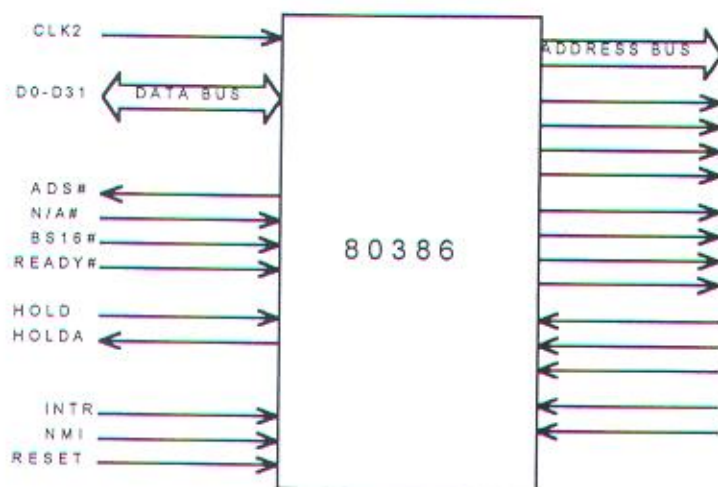
Terabyte, dengan maksimum address fisik memory sebesar 4 Gigabyte. Mikroprosesor ini juga dilengkapi dengan 8086 virtual mode, dengan demikian memudahkan pemindahan dari mode real (mode 8086) ke mode proteksi.

### 2.2.1 Arsitektur Mikroprosesor 80386

Mikroprosesor 80386 adalah *superset* dari mikroprosesor Intel generasi sebelumnya, yaitu 8088, 8086, dan 80286. Artinya 80836 memiliki instruksi-instruksi yang sama dengan mikroprosesor sebelumnya, dengan ditambah dengan instruksi-instruksi baru dan dengan kemampuan yang lebih besar.

Mikroprosesor ini hadir dalam dua versi, yaitu 80386SX dan 80386DX. Versi DX memiliki address bus 32 bit dan data bus 32 bit. Sedangkan versi SX memiliki arsitektur internal yang sama dengan versi DX, namun dengan address bus yang hanya 24 bit dan data bus 16 bit.

Sinyal-sinyal pada mikroprosesor ini dapat dikelompokkan sebagaimana pada gambar 2.8.



Gambar 2.8<sup>10</sup>

Grup Sinyal Mikroprosesor 80386

<sup>10</sup> Douglas V.Hall, MICROPROCESSOR AND INTERFACING : PROGRAMMING AND HARDWARE, second edition, (Singapore, Glencoe, Macmillan/McGraw-Hill, 1992), Hal. 548

Tanda # pada gambar 2.5 menunjukkan bahwa sinyal yang bersangkutan adalah *active-low*.

Fungsi dari masing-masing sinyal tersebut adalah sebagai berikut :

☐ **D0 - D31 (Data Bus) :**

Merupakan jalur data bus 32 bit.

☐ **A2 - A31, BE0#, BE1#, BE2#, BE3# (Address Bus) :**

Merupakan Address Bus sepanjang 32 bit yang terdiri dari jalur address A2-A31 dan jalur byte enable BE0#, BE1#, BE2#, dan BE3# yang didecodekan dari line address A1 dan A0 secara internal.

☐ **IO/M# :**

Berfungsi untuk membedakan *memory access* atau *I/O access*.

☐ **D/C# :**

Berfungsi untuk membedakan sinyal yang aktif apakah data read/write ataupun control-word transfer (misalnya op-code fetch).

☐ **W/R# :**

Berfungsi untuk membedakan write / read.

☐ **HOLD, HLDA :**

*Hold* digunakan jika prosesor lain ingin mempergunakan bus, dengan jalan memerintahkan mikroprosesor 80386 untuk melepaskan sistem bus, sehingga bus dapat dipakai oleh prosesor lain.

☐ **READY :**

Merupakan isyarat permintaan (*acknowledge*) dari *port* atau dari memori. Sinyal ini aktif *high*.

☐ **INTR :**

Sinyal ini merupakan permintaan interupsi ke mikroprosesor 80386 dari perangkat luar.



☐ **NMI (Non Maskable Interrupt) :**

Merupakan jenis interrupt yang berasal dari perangkat keras dan interrupt ini tidak bisa dicegah sama sekali.

☐ **RESET :**

Dengan adanya sinyal reset ini, maka mikroprosesor akan menjalankan instruksi dari awal lagi.

☐ **CLK2 (Clock) :**

CLK2 berfungsi untuk mengatur timing dari operasi 80386 dan Bus Controller. Frekuensi clock secara internal dibagi 2 untuk menghasilkan sinyal clock sistem. Untuk prosessor dengan frekuensi kerja 33 MHz, maka pin CLK2 dihubungkan pada sinyal 66 MHz dari clock generator 82384.

☐ **VCC :**

Merupakan pin power supply dimana tegangan kerjanya sebesar +5 Volt.

☐ **GND (Ground) :**

Merupakan pin ground dari mikroprosesor.

☐ **LOCK# :**

adalah pin output yang menandakan bahwa master sistem bus lain sedang tidak dalam kondisi mengontrol sistem bus.

☐ **PEREQ :**

Sinyal ini dikeluarkan oleh coprocessor seperti 80387 untuk memberitahukan 80386 untuk mengambil bagian pertama dari data word untuk coprocessor. Setelah itu coprocessor akan mengambil alih data dan address bus dan membaca sisa data wordnya.

☐ **BUSY# :**

Sinyal ini digunakan oleh coprocessor untuk mencegah 80386 meneruskan instruksi berikutnya sebelum coprocessor selesai dengan instruksi pada saat itu.

☐ **ERROR# :**

Sinyal ini dikeluarkan oleh coprocessor, dan selanjutnya 80386 akan menjalankan exception tipe 16.

☐ **BS16# :**

Sinyal ini digunakan untuk menjalankan 80386 pada sistem bus 16 bit.

☐ **ADS# :**

Sinyal ini digunakan untuk memberitahukan bahwa pada saat itu terdapat address, byte enable, dan sinyal definisi siklus bus yang valid.

### **2.2.2 Register 80386**

Register mikroprosesor 80386 adalah superset dari register 8088, 8086 dan 80286. Setiap register pada mikroprosesor sebelumnya yang sepanjang 16 bit pada mikroprosesor ini diperpanjang menjadi 32 bit, dengan nama register yang ditambah awalan 'E'. Jadi misalnya sebelumnya register AX adalah 16 bit, maka pada 80386 menjadi EAX dengan panjang 32 bit. Register yang sama dengan mikroprosesor sebelumnya mempunyai adalah 14 buah register yang dikelompokkan menjadi 4 group yaitu :

- Data Register
- Instruction Pointer Register
- Pointer dan Index Register
- Segment Register

#### - Flag Register

Data register terdiri dari 4 buah register yaitu *Extended Accumulator Register (EAX)*, *Extended Base Register (EBX)*, *Extended Count Register (ECX)*, dan *Extended Data Register (EDX)*. Masing-masing register 32 bit ini dapat dioperasikan untuk operasi 32 bit (double word), 16 bit (word) atau 8 bit (byte). Jika register dioperasikan untuk operasi 8 bit, maka setiap register akan menjadi dua register yaitu : *AH, AL, BH, BL, CH, CL, DH, dan DL*. Sedangkan jika dioperasikan dalam 16 bit, maka setiap register akan menjadi *AX, BX, CX dan DX*.

Register *EAX, EBX, ECX, dan EDX* disiapkan untuk register pemroses dan pengolah data, sehingga disebut sebagai register umum untuk pengolah data (*General Purpose Register*).

Instruction Pointer Register merupakan register 32 bit yang berfungsi untuk mencatat *offset address* dari lokasi memori instruksi berikutnya pada nilai *base code segment* saat itu.

Pointer dan Index Register terdiri dari 4 buah register 32 bit, yaitu : *ESP (Extended Stack Pointer)*, *EBP (Extended Base Pointer)*, *ESI (Extended Source Index)*, dan *EDI (Extended Destination Index)*. Fungsi dari register Index dan Pointer adalah untuk pembentukan memori *effective address (EA)*.

Flag Register merupakan register pembantu terhadap semua operasi aritmatik dan logik. Bentuk bantuannya berupa menyimpan tanda keadaan operasi atau akibat operasi aritmatik yang terjadi.

### 2.3 Programmable Peripheral Interface (PPI) 8255

PPI 8255 merupakan paralel I/O yang dapat diprogram untuk mentransfer data dalam berbagai kondisi, dari I/O yang sederhana sampai dengan *interrupt I/O* yang kompleks. PPI 8255 mempunyai tiga buah port paralel 8 bit, yaitu *port A, port B, dan port C*. Untuk *port C* dapat dipisah menjadi 4 bit orde rendah dan 4 bit orde tinggi. Fungsi masing-masing port dapat



diprogram sebagai input/output dengan inisialisasi *Control Word* melalui *Control Register*. Block diagram PPI 8255 diperlihatkan dalam gambar 2.9.

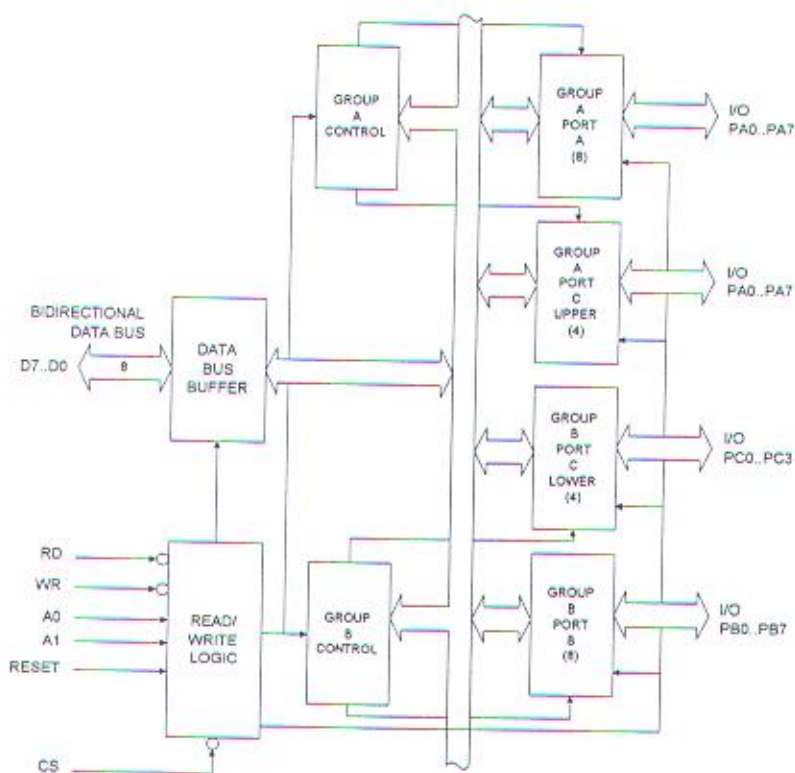
Pada bagian control terdapat 6 jalur pengontrol yaitu :

**- RD (Read)**

Sinyal kontrol yang memungkinkan operasi pembacaan. Jika *low*, PPI 8255 di-*enable* dan akan mengirimkan data atau status ke data bus.

**- WR (Write)**

Sinyal kontrol yang memungkinkan operasi penulisan data atau kontrol word, dimana sinyalnya aktif *low*.



Gambar 2.9<sup>11</sup>

Blok diagram PPI 8255

<sup>11</sup> Ibid., Hal. 263

#### - RESET

Sinyalnya aktif *high*, dimana sinyal ini akan mereset kontrol register dan semua port di-set ke dalam mode input.

#### - CS (Chip Select)

Merupakan sinyal pemilih yang digunakan untuk mengaktifkan PPI 8255 dimana sinyalnya aktif *low*.

#### - ADDRESS INPUT (A0 - A1)

Kombinasi dari kedua address input ini menentukan register dari PPI 8255 yang akan menerima atau mengirim data dari atau ke mikroprosesor.

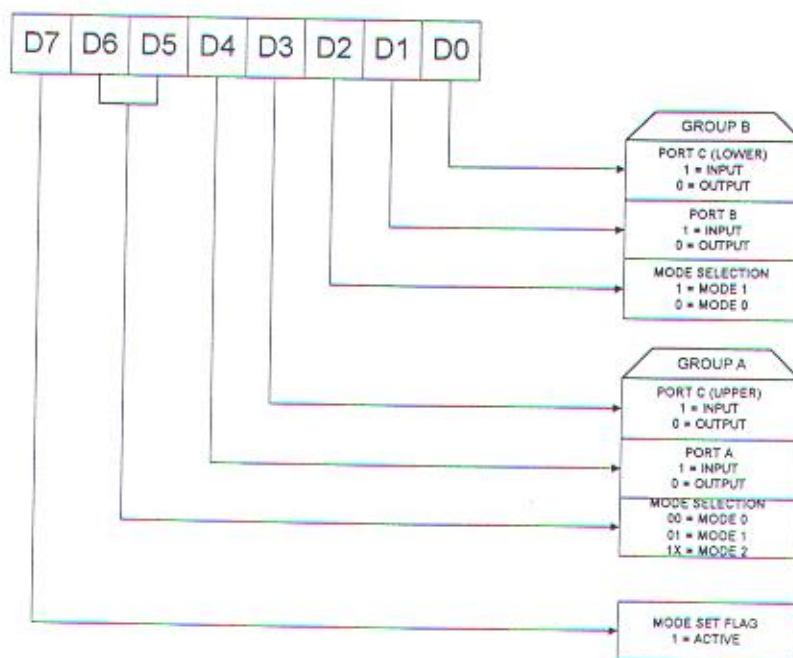
### 2.3.1 Pengoperasian PPI 8255

Mode kerja dari PPI 8255 dioperasikan dalam tiga mode, yaitu :

- Mode 0 : *Basic Input / Output*
- Mode 1 : *Strobed Input / Output*
- Mode 2 : *Bi-Directional Bus*

Bit D1 mengatur fungsi port B sebagai input jika logikanya *high* dan output jika *low*. Bit D2 menentukan mode operasi dari port B dimana terdapat dua mode operasi, yaitu : *mode 0* jika logikanya *low* dan *mode 1* jika *high*.

Bit D3 sampai D6 merupakan bagian grup A dimana bit D3 menentukan operasi kerja 4 bit atas port C dan bit D4 untuk operasi kerja port A. Untuk bit D5 dan D6 berfungsi untuk memilih salah satu dari 3 mode operasi, yaitu : *mode 0*, *mode 1*, dan *mode 2*. Bit D7 merupakan *mode set flag* yang harus *high* jika mode operasi akan diubah.



Gambar 2.10<sup>12</sup>  
Mode format kontrol word

## 2.4 Interfacing Ke Komputer IBM PC

IBM PC mempunyai slot ekspansi untuk I/O channel, dengan konfigurasi 8-bit (arsitektur ISA), 16-bit (EISA), 32-bit (VESA) maupun 64-bit (PCI). Pada Tugas Akhir ini I/O channel yang digunakan adalah ISA bus yang masing-masing slotnya memiliki 62 pin.

Gambar 2.17 menunjukkan konfigurasi pin-pin pada slot IBM PC-XT. Berikut ini akan dijelaskan fungsi pin-pin tersebut secara singkat.

### □ A0 - A19

Pin-pin ini merupakan address A0-A19 yang digunakan untuk mengakses memory pada pada sistem bus I/O.

### □ D0-D7

Jalur ini merupakan jalur data bidirectional yang digunakan untuk mengkomunikasikan data antara mikroprosesor, memori dan I/O, serta port-port I/O.

<sup>12</sup> Ibid, Hal. 265



☐ **OSC (oscillator)**

Pin ini merupakan pin output yang mengeluarkan sinyal dengan frekuensi 14,31818 dengan duty cycle 50%.

☐ **CLK (clock)**

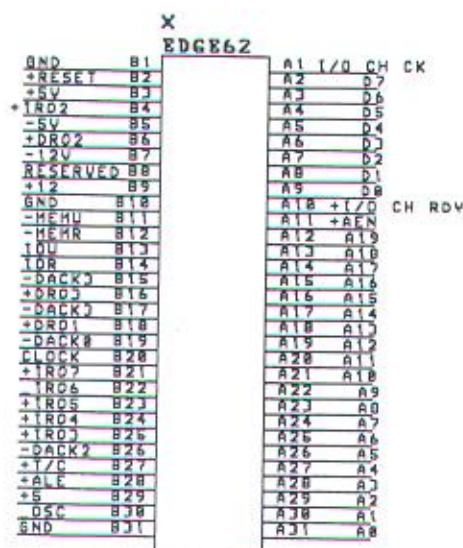
Sinyal ini berasal dari sinyal OSC yang dibagi tiga, dengan frekuensi 4,77 MHz.

☐ **Reset DRV**

Sinyal ini merupakan sinyal out. Pin ini berlogika high selama sistem dinyalakan.

☐ **ALE (address latch enable)**

Sinyal ini merupakan sinyal output yang dikemudikan dari IC bus controller 8288. Sinyal ini digunakan untuk mengidentifikasi kondisi address bus. Pin ini berharga satu pada saat address bus valid. Selama siklus DMA, ALE menjadi non aktif.



Gambar 2.11<sup>13</sup>  
Konfigurasi pin-pin I/O channel IBM PC 8-bit

☐ **MEMW (memory write)**

Pin ini merupakan pin output yang aktif low berguna untuk menulis data dari sistem bus ke memori.

☐ **MEMR (memory read)**

Pin ini merupakan pin output yang aktif low yang berguna untuk membaca data dari memori ke sistem bus.

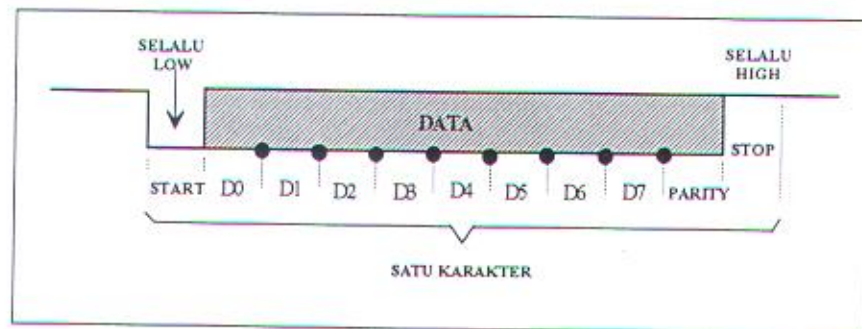
☐ **AEN (address enable)**

Pin ini merupakan pin output yang aktif high yang dihasilkan oleh DMA controller yang menunjukkan bahwa siklus DMA sedang dilakukan.

## **2.5 Komunikasi Data Serial**

Metoda transmisi data serial dapat berupa sinkron maupun asinkron. Pada transmisi sinkron, data dikirim dalam blok dengan kecepatan tetap, dimana awal dan akhir dari blok diberi tanda berupa byte atau bit tertentu. Sedangkan pada transmisi asinkron setiap satu byte data terdiri dari 1 bit yang mengidentifikasi awal byte data dan 1 atau 2 bit sebagai akhir byte data. Oleh karena setiap byte data diidentifikasi sendiri-sendiri maka data dapat dikirim pada setiap saat (asinkron). Gambar 2.12 menunjukkan format bit untuk transmisi serial asinkron.

Pada saat tidak ada data dikirim, jalur sinyal akan *high* atau *mark*. Awal byte data ditandai sinyal *low* atau *space* selama 1 waktu bit (*bit time*) dan bit data kemudian dikirim sesudahnya dimulai dari bit orde terendah (LSB), dimana lebar data dapat 5, 6, 7, atau 8 bit. Setelah data bit adalah *parity bit* yang dapat berupa parity ganjil atau genap atau tanpa memakai parity. Fungsi parity bit adalah untuk memeriksa ada tidaknya kesalahan pada data yang diterima. Bit yang terakhir adalah *stop bit*, dimana jalur sinyal diubah menjadi *high* atau *mark* paling sedikit 1 atau 2 bit.



Gambar 2.12<sup>14</sup>  
Format bit transmisi serial asinkron

Baud rate atau kecepatan transfer dari data serial didefinisikan sebagai  $1/(\text{waktu 1 bit})$ . Jika waktu bit 3,33 ms, maka Baud rate-nya  $1/3,33 \text{ ms}$  atau sebesar 300 Baud. Baud rate yang sering digunakan adalah 110, 300, 1200, 2400, 4800, 9600 dan 19200 Baud.

### 2.5.1 Metoda dan Standar Transmisi Serial Asinkron

Pada dasarnya transmisi serial asinkron mempunyai dua macam protokol perangkat keras, yaitu :

- Current loop 20 mA
- RS 232C

### 2.5.2 Current loop 20 mA

Merupakan sistem lama dan menggunakan arus, yaitu adanya arus menunjukkan keadaan *idle*. Pengiriman informasi akan terjadi jika arus berubah besarnya. Arus minimum adalah sebesar 18 mA dan arus maksimum yang diperbolehkan besarnya 25 mA. Keuntungan sistem ini adalah sederhana, ekonomis, dan murah. Sedangkan kerugiannya adalah *noise*

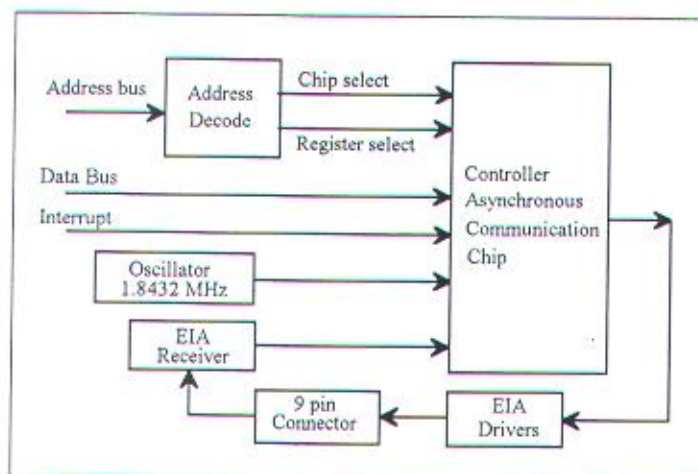
<sup>14</sup> Ibid, Hal.488.



*filtering* sulit dan tidak ada pembakuan tegangan serta membangkitkan *cross talk* jika digunakan kabel panjang.

## 2.6 RS 232C

Merupakan standar yang ditetapkan EIA (Electrical Industry Association), yang dapat digunakan sebagai aturan dalam pertukaran data antar komputer.



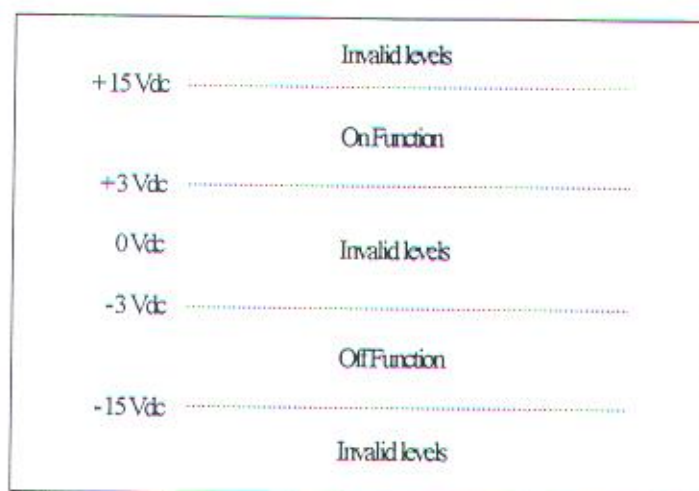
Gambar 2.13<sup>15</sup>  
Blok diagram Asynchronous Communication Adapter

Secara perangkat keras, standar ini ditunjang oleh Asynchronous Communication Adapter dengan komponen utama 8250 UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) atau USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) yang bekerja pada frekuensi osilator 1,8432 MHz. UART berfungsi untuk mengubah data paralel menjadi data serial dan sebaliknya.

Standar RS 232C mempunyai beberapa karakteristik sinyal listrik, yaitu :

- Tegangan rangkaian terbuka tidak boleh lebih dari 25V.

- Keadaan logik *high* (*mark*) ditandai dengan tegangan yang lebih negatif dari -3V. Pada logik *high* besarnya tegangan harus antara -5V dan -15V.
- Keadaan logik *low* (*space*) ditandai dengan tegangan yang lebih positif dari +3V. Pada logik *low* besarnya tegangan harus antara +5V dan +15V.



Gambar 2.14<sup>16</sup>  
Karakteristik tegangan RS 232C

### 2.6.1 Pin-Pin Sinyal RS 232C

Tabel 2.3 menunjukkan nama sinyal, arah sinyal dan uraian singkat setiap pin dari 25 pin pada RS 232C. Arah sinyal adalah arah terhadap DTE (Data Terminal Equipment) atau DCE (Data Communication Equipment). Yang dimaksud DTE adalah perangkat yang dilengkapi dengan UART atau USART, sedangkan DCE adalah perangkat yang dapat mengubah data serial ke bentuk sinyal analog yang dapat ditransmisikan pada saluran transmisi seperti telepon atau pemancar radio.

Fungsi dari pin-pin RS 232C yang sering dipakai dalam komunikasi serial adalah :

- Protective ground

Pin ini dihubungkan secara listrik dengan peralatan yang kemudian dapat disambungkan ke tanah (ground) kalau diperlukan.

- Signal ground

Pin ini membentuk potensial acuan untuk semua rangkaian kecuali protective ground.

- Transmitted data

Sinyal ini dibangkitkan oleh DTE untuk diberikan pada DCE guna disalurkan melalui saluran komunikasi ke tujuannya. Menurut ketentuan RS 232C, DTE harus dalam keadaan mark saat tidak ada data yang dikirimkan atau pada interval antar karakter. Transmisi hanya dapat dilaksanakan DTE jika keadaan ON (space) ditemui pada pin RTS, CTS, dan DTR.

- Received data

Sinyal data yang dibangkitkan DCE, dimana terdapat dalam sinyal yang diterima dari remote station. RS 232C menghendaki sinyal ini dalam keadaan mark jika sinyal Carrier detect dalam keadaan OFF.

- Request to send

Sinyal ini mengendalikan DCE lokal bagian transmit untuk menyalurkan data. Keadaan ON menyebabkan rangkaian DCE siap mengirimkan data. DTE jika ingin mengirimkan data, akan membuat pin RTS ON. Untuk menyatakan DCE telah siap, pin Clear to send menjadi ON, sehingga DTE dapat mengirimkan data melalui Transmitted data.

- Clear to send

Sinyal ini menyatakan bahwa DCE siap menerima data melalui saluran komunikasi. Keadaan OFF pada pin menyatakan DTE tidak mengirimkan data.



- Data set ready

Menyatakan status dari modem yang tersambung pada DCE. Keadaan ON menyatakan bahwa peralatan telah tersambung pada saluran dan DCE lokal siap bertukar kendali dengan DTE untuk memulai pertukaran data.

Tabel 2.2<sup>17</sup>  
Nama pin dan keterangan sinyal RS 232C

Nomor pin	Nama umum	Nama RS 232C	Keterangan	Arah sinyal pada DCE
1		AA	Protective ground	-
2	TxD	BA	Transmitted data	IN
3	RxD	BB	Received data	OUT
4	RTS	CA	Request to send	IN
5	CTS	CB	Clear to send	OUT
6	DSR	CC	Data set ready	OUT
7	GND	AB	Signal ground (common return)	-
8	CD	CF	Received line signal detector	OUT
9		-	(Cadangan untuk Data set testing)	-
10		-	(Cadangan untuk Data set testing)	-
11			Tidak bertanda	-
12		SCF	Secondary record line signal detector	OUT
13		SCB	Secondary clear to send	OUT
14		SBA	Secondary transmitted data	IN
15		DB	Transmission signal element timing (sumber DCE)	OUT
16		SBB	Secondary received data	OUT
17		DD	Receiver signal element timing (sumber DCE)	OUT
18			Tidak bertanda	-
19		SCA	Secondary request to send	IN
20	DTR	CD	Data terminal ready	IN
21		CG	Signal quality detector	OUT
22		CE	Ring indicator	OUT
23		CH/CI	Data signal rate selector (sumber DTE/DCE)	IN/OUT
24		DA	Transmit signal element timing (sumber DTE)	IN
25			Tak bertanda	-

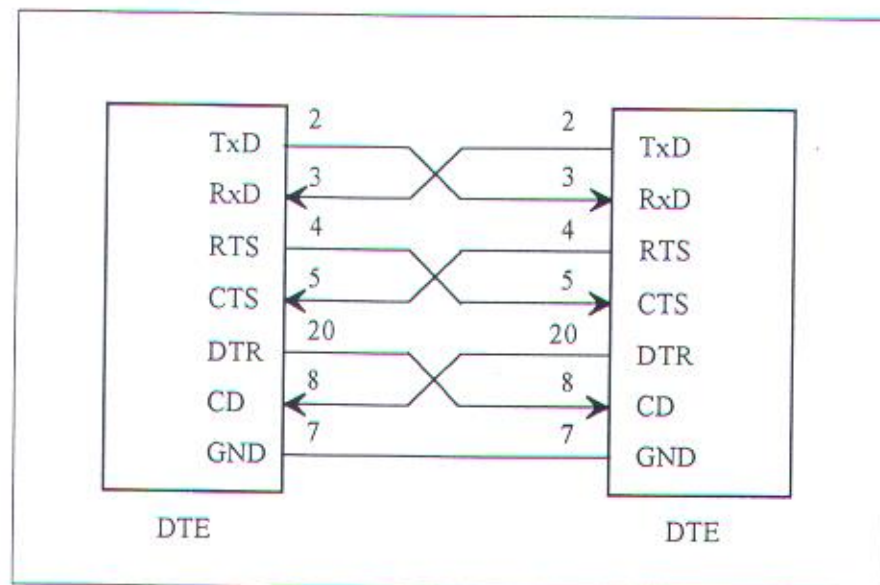
<sup>17</sup> Hall, Douglas V., *opcit*, hal. 451.

- Carrier detect

Status ON menyatakan bahwa saluran dalam keadaan baik dan dapat menerima maupun mengirimkan data. Sedangkan status OFF menyatakan saluran dalam keadaan kurang baik. Pada keadaan ini rangkaian penerima Received data akan ditahan pada keadaan high.

### 2.6.2 Konfigurasi Hubungan RS 232C

Hubungan antara dua komputer yang jaraknya dekat, tidak memerlukan modem, tetapi tetap mengikuti standar RS 232C. Hubungan ini dinamakan hubungan *cross over* atau sering disebut *null modem* seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.15. Hubungan ini dilakukan dengan mengontrol sinyal *handshake*.

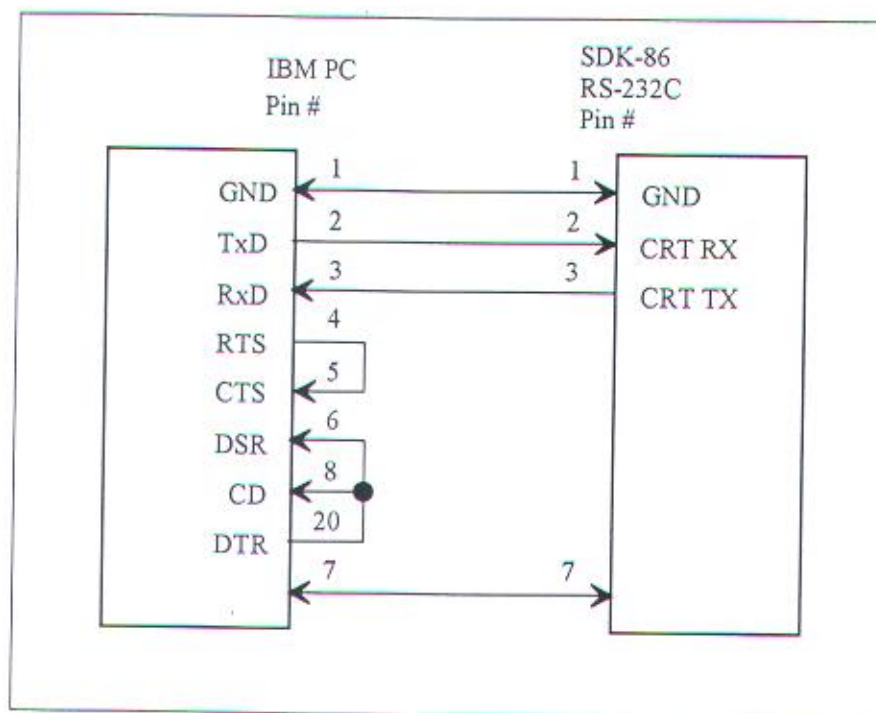


Gambar 2.15<sup>18</sup>  
Hubungan RS 232C Null modem

Jika diinginkan menghubungkan komputer dengan peralatan lain, maka hubungan ini dapat menggunakan sebagian, seluruh atau tanpa sinyal handshake seperti ditunjukkan pada gambar 2.16

<sup>18</sup> Ibid, Hal. 496.



Gambar 2.16<sup>19</sup>Hubungan RS 232C tanpa *handshake*

## 2.7 Pemrograman UART INS 8250

Untuk menentukan mode operasi dari RS 232C dilakukan dengan memprogram UART INS 8250 yang terdapat dalam card Asynchronous Communication Adapter. Alamat register UART INS 8250 yang digunakan pada RS 232C untuk IBM-PC dapat dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2.3<sup>20</sup>.

Alamat register UART INS 8250

Nama register	Adapter primer (COM 1)	Adapter sekunder (COM 2)
TX Buffer	03F8H	02F8H
RX Buffer	03F8H	02F8H
Baud rate divisor latch LSB	03F8H	02F8H
Baud rate divisor latch MSB	03F9H	02F9H
Interrupt enable register	03F9H	02F9H
Interrupt identification register	03FAH	02FAH

<sup>19</sup> Ibid, Hal. 496.<sup>20</sup> Ibid, Hal. 478.



Line control register	03FBH	02FBH
Modem control register	03FCH	02FCH
Line status register	03FDH	02FDH
Modem status register	03FEH	02FEH

Selanjutnya akan dijelaskan register-register UART INS 8250, yaitu :

- TX Buffer

Menampung dan menyimpan data yang akan dikirim. Data ini dikirim oleh CPU ke TX buffer setelah mengecek kepastian tentang diperbolehkannya melakukan pengiriman.

- RX buffer

Menampung dan menyimpan data yang diterima dari luar. Data ini harus dibaca oleh CPU setelah mengecek kepastian tentang masuknya data.

- Baud rate divisor LSB

Baud rate divisor LSB menampung angka byte rendah untuk pembagi clock yang dimasukkan ke INS 8250, agar diperoleh baud rate yang dipilih. Angka pembagi dapat dipilih antara 01H sampai FFH.

- Baud rate divisor MSB

Baud rate divisor MSB menampung angka byte tinggi untuk pembagi clock INS 8250, sehingga didapat baud rate yang dipilih. Angkanya dapat dipilih dari 0 sampai FFH. Dengan demikian angka pembagi dapat dipilih dari 01H sampai FFFFH.

Frekuensi yang dimasukkan pada adapter ini sebesar 1,8432 MHz untuk baud rate dan harus dibagi dengan angka satu word pada byte tinggi dari Baud rate divisor MSB dan byte rendah pada Baud rate divisor LSB. Frekuensi keluran dari baud generator adalah 16 kali baud rate (pembagi = frekuensi input/(baud rate x 16)). Frekuensi operasi maksimum dari baud generator adalah 3,1 MHz.

- Interrupt enable register

Menampung pemrograman agar jika terjadi suatu keadaan khusus dapat melangsungkan interupsi ke CPU.

- Interrupt identification register

Menampung pemrograman agar dapat menentukan bagian mana yang diberi urutan prioritas khusus untuk dapat melangsungkan interupsi ke CPU.

- Line control register

Menampung ketentuan yang dipilih untuk menentukan berapa jumlah bit bagi setiap data, berapa jumlah stop bitnya, apakah menggunakan parity cek dan apakah akan menentukan baud rate divisor.

- Modem control register

Menampung pemrograman untuk mengatur node, terutama menggunakan saluran DTR dan RTS ke perangkat modem. INS 8250 dapat diprogram untuk melakukan loop back, yaitu data yang dikirim dapat diterima sendiri.

INS 8250 memberikan 2 saluran, yaitu OUT1 dan OUT2 untuk disambung ke komponen lain. Penerapannya di IBM-PC adalah untuk mengatur interupsi ke komputer.

- Line status register

Menampung bit-bit yang menyatakan adanya data dan kesalahan operasi.

- Modem status register

Menampung bit-bit yang menyatakan keadaan hubungan dengan modem atau perangkat lain yang dihubungkan dengan port serial. Bit-bit ini akan berlogika *high* jika terjadi perubahan keadaan pada modem dan berlogika *low* jika CPU membaca Modem status register.



## **2.8 Jaringan Saraf Tiruan**

Diawali oleh keinginan manusia untuk dapat menciptakan suatu mesin yang mempunyai kemampuan berpikir seperti otak manusia, maka para peneliti berusaha mengembangkan riset ke arah penelitian tentang cara kerja otak manusia. Penelitian yang terakhir ini menimbulkan sebuah cabang ilmu baru yang lebih baik daripada pendekatan konvensional, karena lebih mendekati persepsi dan kognitif manusia. Cabang ilmu baru ini lazim disebut **Jaringan Saraf Tiruan**.

Jaringan saraf tiruan mencoba untuk mensimulasikan sistem saraf manusia ke dalam model sistem komputasi atau model matematis. Oleh karena itu jaringan syaraf tiruan mempunyai karakteristik dan kemampuan yang mirip dengan sistem otak walaupun tidak persis betul, seperti proses paralel terdistribusi, adanya proses belajar, pemetaan nonlinier dan generalisasi. Saat ini banyak peneliti telah mengembangkan jaringan syaraf tiruan sebagai alat bantu dalam banyak bidang, seperti pengenalan pola, pengolahan informasi, desain, perencanaan, diagnosa dan kontrol.

Banyak algoritma jaringan syaraf tiruan yang telah dikembangkan oleh para peneliti. Tetapi yang banyak digunakan saat ini adalah jaringan syaraf Back Propagation, jaringan syaraf Kohonen, jaringan syaraf Adaptive Resonance Theory (ART) dan jaringan syaraf Hopfield. Dalam bab ini akan dibahas Konsep Dasar Jaringan Syaraf Tiruan, Metode Algoritma Jaringan Syaraf Tiruan Back Propagation, Kohonen, Adaptive Resonance Theory (ART), dan Hopfield.

### **2.8.1 Konsep Dasar Jaringan Saraf Tiruan**

Jaringan saraf tiruan didasari oleh inspirasi biologis, oleh karena itu dalam membuat konfigurasi dan algoritma jaringan saraf tiruan, para peneliti biasanya berpikir tentang organisasi



otak manusia. Padahal pengetahuan tentang cara kerja otak manusia secara keseluruhan sangat terbatas dan hanya sedikit informasi untuk dapat membuat simulasinya.

Para perancang algoritma jaringan saraf tiruan harus mempelajari dahulu pengetahuan biologis otak manusia, yaitu mempelajari mengenai struktur otak yang dapat menghasilkan fungsi-fungsi berguna dan dalam pembuatan algoritma jaringan saraf tiruan, anatomi dan fungsi otak dijelaskan dengan memakai asumsi-asumsi.

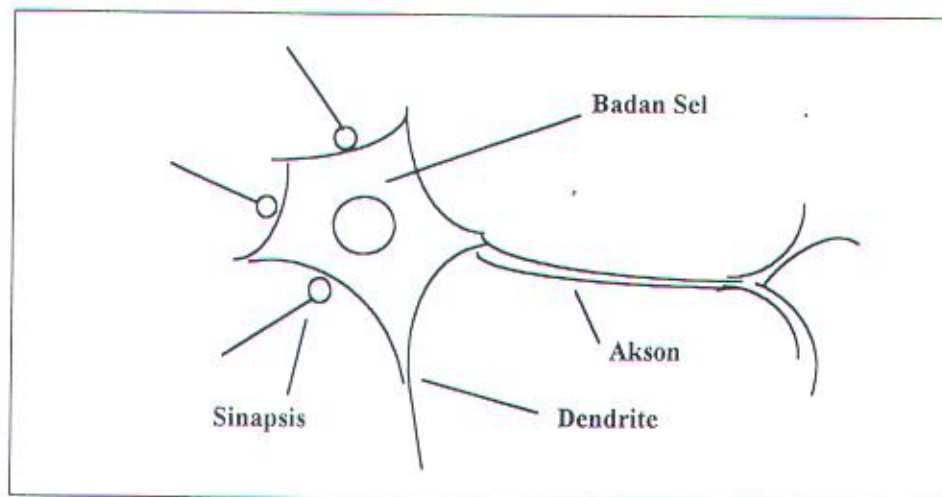
Awal jaringan saraf tiruan mulai dikembangkan pada tahun 1943 oleh Warren McCulloch dan Walter Pitts yang bertujuan untuk pemodelan mesin yang mampu untuk memperbaiki kesalahan. Setelah itu mengalami masa reses untuk sementara dan pada awal tahun 1990 dimulai penyelidikan yang lebih bersifat spesifik. Spesifik berarti memiliki konsep-konsep dasar yang mirip dengan otak dan sel saraf manusia.

Sampai saat ini otak manusia masih merupakan salah satu benda yang sangat komplikatif dan dalam mempelajari otak ini masih banyak hal-hal yang tidak kita ketahui. Meskipun demikian dari hasil riset yang ada telah didapatkan pengertian mengenai operasi dasar otak pada tingkat rendah. Dalam menjalankan fungsinya otak memiliki sepuluh milyar ( $10^{10}$ ) unit dasar, yang disebut dengan neuron. Tiap-tiap neuron ini dihubungkan dengan sepuluh ribu ( $10^4$ ) neuron yang lain. Neuron itu sendiri merupakan suatu unit dasar dari otak dan merupakan sistem analog yang berdiri sendiri. Ada dua macam neuron dalam manusia, tipe pertama ialah proses lokal antara neuron itu sendiri dan yang kedua neuron yang menghubungkan otak dengan otot, mata atau sensor yang lain serta yang menghubungkan sensor dengan otak.

Pada sub bab berikut akan dijelaskan konsep-konsep dasar dari jaringan saraf tiruan yaitu meliputi sel saraf biologis, pemodelan sel saraf tiruan, model jaringan saraf tiruan dan aturan belajar.

### 2.8.2 Sel Saraf Biologis

Jaringan saraf manusia terdiri dari sel-sel saraf (*neuron*) dan strukturnya sangat kompleks. Dalam sistem saraf, setiap sel berhubungan dengan sel lain melalui sebuah saluran. Sehingga sel saraf juga berfungsi sebagai penghubung jaringan di dalam sistem syaraf. Gambar 2.17 menunjukkan struktur atau bentuk dasar dari sebuah sel saraf biologis (*neuron*). Sel saraf secara garis besar terdiri dari *denrite*, badan sel, dan *akson*. Dendrite meneruskan sinyal informasi ke badan sel ketika menerima sinyal dari sinapsis (titik temu). Sinapsis adalah daerah khusus yang merupakan sambungan antar sel saraf (terletak antara *akson* dan *dendrite*).



Gambar 2.17  
Sel Saraf Biologis<sup>21</sup>

Arus masukan dijumlahkan secara spasial atau temporal oleh kapasitansi yang terdapat di dalam badan sel. Ketika dijumlahkan, arus masukan dapat menyebabkan sel saraf bereaksi, atau dapat juga menghambat reaksi. Sel saraf bereaksi apabila eksitasi komulatif dalam badan

<sup>21</sup> Joko Haryatno, Jaringan Syaraf Tiruan Hopfield untuk Pengenalan Pola Biner Dua Dimensi, Tugas Akhir Bidang Studi Elektronika ITB, 1982, ITB - Bandung, hal. 8

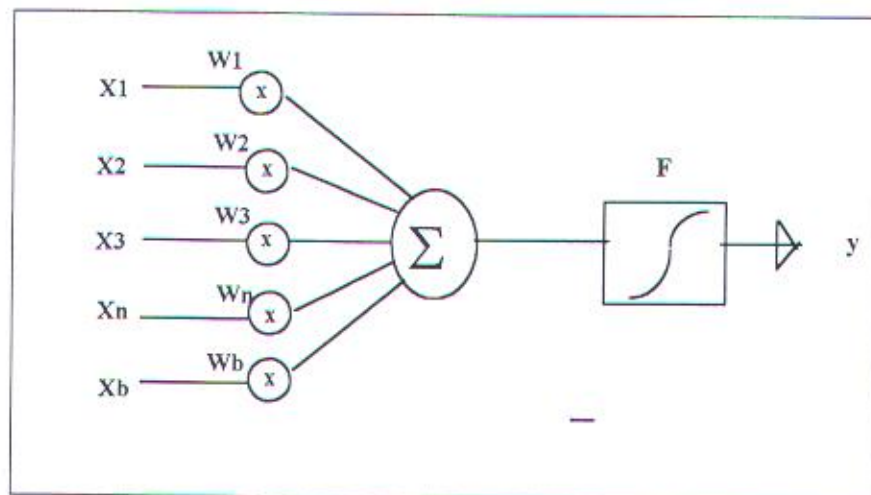


sel melebihi ambang batas (*threshold*). Sel saraf yang bereaksi mengirim sebuah sinyal melalui akson ke sel-sel yang lain.

Fungsi dasar yang dijelaskan diatas mempunyai banyak kompleksitas dan perkecualian, walaupun demikian hampir semua model jaringan saraf tiruan berdasarkan karakteristik sederhana tersebut diatas.

### 2.8.3 Pemodelan Sel Saraf Tiruan

Model sel saraf tiruan dibuat berdasarkan fungsi sel syaraf biologis, dimana untuk menyederhanakan pemodelan, model dibuat berdasarkan beberapa asumsi. Ada beberapa pemodelan yang telah dikembangkan, antara lain pemodelan sel saraf Mc Culloch dan Pits, Perceptron, Adaline dan lain-lain.



Gambar 2.18  
Model Sel Saraf Tiruan<sup>22</sup>

Dalam pemodelan neuron ini yang dibutuhkan adalah dasar cara kerja neuron. Dasar cara kerja neuron tersebut adalah sebagai berikut :

- Output dari neuron hanya memiliki dua keadaan (on atau off).

<sup>22</sup> Zurada, Jacek.M, Introduction to Artificial Neural System, Info Access & Distribution Pte Ltd, 1992, Singapore, Hal. 133



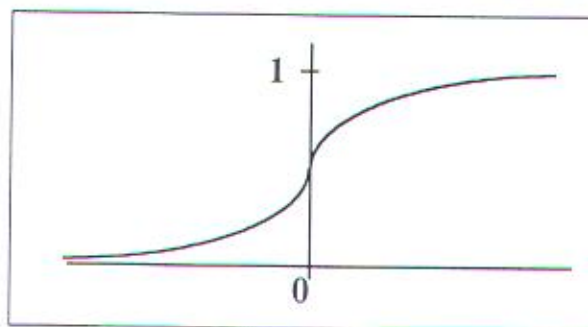
- Output neuron hanya tergantung dari input-inputnya. Untuk mengaktifkan neuron dibutuhkan beberapa input yang aktif.
- Input pada pemodelan disamakan dengan sensor pada manusia.

Sel saraf tiruan dirancang untuk meniru karakteristik sel saraf biologis orde pertama. Setiap unit sel saraf tiruan terdiri dari beberapa masukan  $x$  dan sebuah keluaran  $y$ . Setiap masukan dikalikan dengan sebuah variabel yang dinamakan **bobot**, bobot dianalogikan dengan tegangan sinapsis. Kemudian semua masukan hasil perkalian dengan bobot dijumlahkan untuk menentukan tingkat aktivasi suatu sel saraf buatan tiruan. Adapun model sel saraf tiruan dapat dilihat pada gambar 2.18 Untuk selanjutnya kata **neuron** digunakan untuk melambangkan sel saraf tiruan.

Keluaran sebuah neuron dapat dirumuskan dalam sebuah persamaan matematis sebagai berikut :

$$y = f \left( \sum_{i=1}^n w_i x_i + w_b x_b \right) \dots\dots\dots (2.1)^{23}$$

dimana  $x$ , adalah masukan untuk neuron,  $w$ , adalah bobot interkoneksi,  $w_b$  adalah bobot untuk masukan bias,  $x_b$  adalah masukan bias dan  $n$  adalah jumlah masukan. Setiap koefisien bobot interkoneksi  $w$ , bersesuaian dengan tegangan koneksi yang menunjukkan beban sinapsis.



Gambar 2.19  
Fungsi Sigmoid<sup>24</sup>

<sup>23</sup> Ibid, Hal.34

<sup>24</sup> Ibid, Hal.34

Fungsi keluaran neuron  $f(x)$  berharga antara 0 dan 1, biasanya menggunakan fungsi sigmoid yang merupakan fungsi kontinyu dan nonlinier atau fungsi tangen hiperbolis. Sebuah fungsi sigmoid konvensional ditunjukkan oleh persamaan berikut,

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-ax}} \quad (0 < f(x) < 1) \quad (2.2)$$

Model neuron buatan diatas mengabaikan banyak sekali karakteristik biologis sel saraf sebenarnya, misalnya tidak memperhitungkan waktu tunda yang mempengaruhi dinamika sistem, tidak melibatkan fungsi modulasi frekuensi yang oleh para periset dipandang penting dan lain-lain.

Meskipun memiliki banyak keterbatasan, namun model neuron ini telah mampu menunjukkan hasil yang cukup baik dalam banyak hal.

#### 2.8.4 Aturan Belajar Jaringan Syaraf Tiruan

Salah satu karakteristik yang penting dari jaringan saraf tiruan ialah kemampuan jaringan untuk belajar. Pada saat belajar terjadi proses pengadaptasian bobot-bobot interkoneksi. Penyesuaian bobot ini ditujukan agar keluaran yang dihasilkan oleh jaringan sesuai dengan yang diinginkan.

Proses belajar dapat dipisahkan dalam dua kategori berdasarkan ada tidaknya pemberian acuan, yaitu belajar dengan pengawasan (*supervised learning*) dan belajar tanpa pengawasan (*unsupervised learning*). Pada proses belajar dengan pengawasan, bobot diadaptasi berdasarkan perbedaan antara keluaran dari jaringan dengan keluaran yang diinginkan. Untuk proses belajar tanpa pengawasan, pemberian keluaran yang diinginkan atau target tidak perlu dilakukan. Jaringan akan mengadaptasi bobot koneksi dengan sendirinya sesuai dengan algoritma yang ditetapkan. Karena keluaran tidak dispesifikasikan pada saat latihan, maka hasilnya tidak dapat diduga sebelumnya.



Aturan belajar yang digunakan pada jaringan saraf tiruan dapat bermacam-macam tergantung pada arsitektur jaringan yang digunakan.

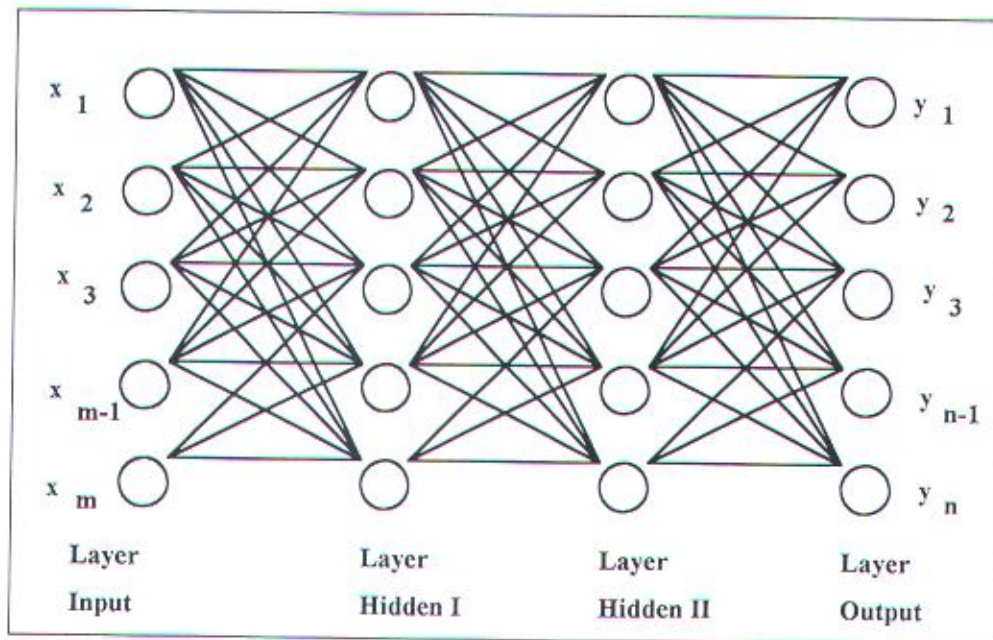
#### **2.8.5 Model Jaringan Saraf Back Propagation**

Model jaringan ini tersusun atas lapisan-lapisan. Lapisan yang terhubung dengan masukan disebut lapisan masukan (input layer). Lapisan yang terhubung dengan keluaran disebut lapisan keluaran (output layer). Lapisan antara lapisan masukan dan lapisan keluaran disebut lapisan hidden (hidden layer), yang mungkin tidak hanya terdiri dari satu lapisan saja tetapi terdiri dari beberapa lapisan. Setiap lapisan tersebut terdiri dari beberapa sel atau neuron.

Keluaran setiap sel pada lapisan masukan terhubung dengan semua sel pada lapisan hidden pertama melalui sebuah koneksi dengan bobot tertentu (didapat dari proses belajar). Setiap sel pada lapisan hidden mempunyai masukan dari semua sel pada lapisan sebelumnya, dan keluarannya terhubung dengan semua sel pada lapisan berikutnya.

Proses belajar yang terjadi pada jaringan ini termasuk belajar dengan pengawasan. Keluaran yang diinginkan diberikan setiap pemberian set belajar, informasi yang masuk melalui lapisan masukan akan mengalir menuju lapisan keluaran yang hasilnya merupakan tanggapan jaringan terhadap informasi yang masuk. Apabila masih terdapat perbedaan antara keluaran jaringan saat itu dengan keluaran yang diinginkan, bobot koneksi akan disesuaikan mulai dari lapisan keluaran menuju lapisan masukan sampai perbedaan tersebut seminim mungkin. Topologi model jaringan Back Propagation dapat dilihat pada gambar 2.20. Berikut akan dibahas tentang aturan pelatihan jaringan Back Propagation, aturan belajar pada jaringan multi layer tergeneralisasi serta faktor-faktor yang mempengaruhi proses belajar.





Gambar 2.20  
Model multilayer perceptron dengan kaidah belajar Back Propagation<sup>25</sup>

### 2.8.6 Aturan Delta<sup>26</sup>

Prosedur belajar melibatkan presentasi dari pasangan pola masukan dan keluaran. Sistem pertama kali menggunakan masukan untuk menghasilkan vektor keluarannya dan kemudian membandingkan dengan keluaran yang diinginkan atau vektor target. Jika terdapat perbedaan maka bobot-bobot diadaptasi untuk mengurangi perbedaan, apabila sudah tidak terdapat perbedaan maka proses belajar dapat dihentikan. Adapun pengukuran error pada masukan dan keluaran pola p ditunjukkan oleh persamaan dibawah ini :

$$Ep = \frac{1}{2} \sum_j [t_{pj} - o_{pj}]^2 \quad (2.3)$$

dimana  $E_p$  adalah error pola ke p.

<sup>25</sup> Eberhard and Roy W. Dobbins, Neural Network PC Tools : a Practical Guide, Academic Press. Inc, 1990, California USA, Hal. 37

<sup>26</sup> Lippmann, Richard. P, An Introduction to Computing with Neural Nets, IEEE ASP Magazine, 1987, USA, Hal. 5

Kemudian kita definisikan total bobot keluaran dari layer masukan,

$$S_{pj} = \sum_i w_{ji} o_{pi} \quad (2.4)$$

dimana  $o_{pi}$  adalah elemen ke  $i$  dari pola masukan,  $w_{ji}$  adalah bobot interkoneksi antara layer masukan dan keluaran, adapun untuk mendapatkan hasil aktifasinya kita menggunakan fungsi sigmoid, sehingga didapat persamaan dibawah ini,

$$o_{pj} = f_j(S_{pj}) \quad (2.5)$$

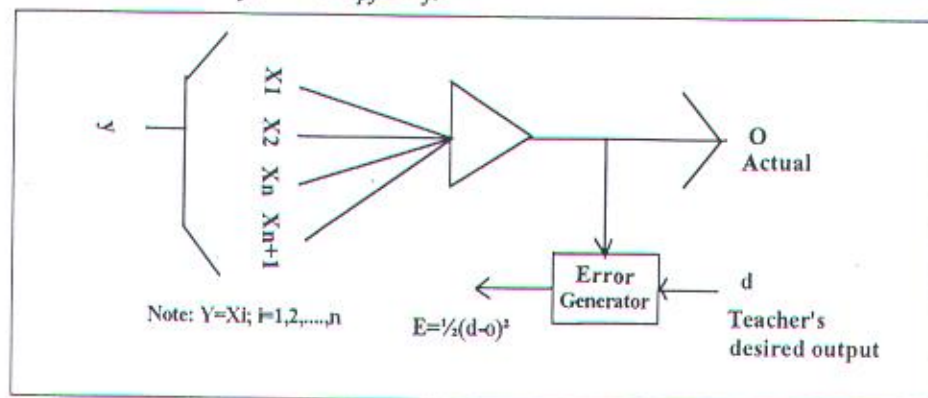
dimana  $o_{pj}$  adalah hasil aktivasi elemen ke  $j$  dari layer keluaran,  $f_j$  adalah fungsi sigmoid elemen ke  $j$ .

Aturan delta secara khusus menerapkan penurunan gradien (**arah gradien negatif**) pada kwadrat error dalam fungsi linier untuk mendapatkan perubahan bobot,

$$\Delta_p w_{ji} = -\eta \nabla E = -\eta \frac{\partial E_p}{\partial w_{ji}} \quad (2.6)$$

dimana  $\eta$  adalah konstanta positif, kemudian untuk mempermudah perhitungan persamaan diatas dijadikan dua perkalian,

$$\frac{\partial E_p}{\partial w_{ji}} = \frac{\partial E_p}{\partial S_{pj}} \frac{\partial S_{pj}}{\partial w_{ji}} \quad (2.7)$$



Gambar 2.21

Aturan Belajar Delta<sup>27</sup>

dari persamaan (2.5), faktor kedua dapat dijabarkan sebagai berikut:



$$\frac{\partial S_{pj}}{\partial w_{ji}} = \frac{\partial \sum_i w_{ji} O_{pi}}{\partial w_{ji}} = O_{pi} \quad (2.8)$$

sekarang faktor pertama dijabarkan sebagai berikut,

$$\frac{\partial E_p}{\partial S_{pj}} = -(t_{pj} - O_{pj}) = -\delta_{pj} \quad (2.9)$$

dengan memperhatikan persamaan-persamaan diatas, akhirnya persamaan (2.6) mempunyai bentuk equivalen,

$$\frac{\partial E_p}{\partial w_{ji}} = -\delta_{pj} \cdot O_{pi} \quad (2.10)$$

ini berarti untuk mengimplementasikan penurunan gradient dalam E, didapatkan persamaan seperti dibawah :

$$\Delta_p w_{ji} = \eta \delta_{pj} O_{pi} \quad (2.11)$$

dimana  $t_{pj}$  adalah target masukan untuk komponen ke  $j$  dari pola keluaran untuk pola  $p$ ,  $O_{pj}$  adalah elemen ke  $j$  dari pola keluaran aktual yang dihasilkan oleh presentasi dari pola masukan  $p$ ,  $O_{pi}$  elemen ke  $i$  dari pola masukan,  $d_{pj} = t_{pj} - O_{pj}$  dan  $\Delta_p w_{ji}$  adalah perubahan yang dibuat untuk bobot dari unit ke  $i$  sampai ke  $j$  mengikuti presentasi dari pola  $p$ .

Dalam kasus ini, yaitu tanpa adanya layer hidden, permukaan error mempunyai bentuk seperti mangkuk dengan satu cekungan yang berarti hanya satu keadaan minimum, maka penurunan gradient pasti dapat menemukan bobot-bobot yang terbaik. Dengan adanya layer hidden, permukaan error mempunyai bentuk lebih dari satu cekungan, oleh karena itu dapat saja terjebak dalam minimum lokal bukan minimum global.

### 2.8.7 Aturan Delta Tergeneralisasi

Aturan delta disini lebih ditekankan pada pelatihan jaringan multilayer feedforward, khususnya algoritma pelatihan Back Propagation. Pada jaringan jenis ini, unit-unit masukan



merupakan layer yang paling bawah dan unit-unit keluaran merupakan layer yang paling atas. Jumlah layer untuk unit-unit hidden dapat lebih dari satu tetapi setiap unit harus mengirim keluarannya ke layer yang lebih tinggi. Setelah vektor masukan diberikan, vektor keluaran dikomputasi dengan cara menghitung harga-harga aktivasi sel-sel dalam layer sebelumnya, semua dilakukan dalam satu arah ke depan.

Pada aturan delta untuk jaringan multilayer, kita tetap memakai dasar-dasar aturan delta diatas, yaitu dengan dasar penurunan gradien dalam  $E$ , terlihat dalam persamaan (2.6),

$$\Delta_p w_{ji} = -\eta \nabla E = -\eta \frac{\partial E_p}{\partial w_{ji}} \quad (2.6)$$

dengan subscript  $i$  sebagai tanda untuk unit layer sebelumnya, dimana persamaan untuk  $d_{pi}$  dilihat dari persamaan 2.9, adalah sebagai berikut,

$$\delta_{pj} = -\frac{\partial E_p}{\partial S_{pj}} \quad (2.13)$$

untuk menghitung persamaan (2.13) pada jaringan multilayer, aturan pemisah diterapkan untuk menulis derivatif parsial ini sebagai perkalian dari dua faktor, faktor pertama mencerminkan perubahan dalam error sebagai fungsi dari unit keluaran, faktor lainnya mencerminkan perubahan dalam keluaran sebagai fungsi dari perubahan dalam masukan, yaitu sebagai berikut

$$\delta_{pj} = -\frac{\partial E_p}{\partial S_{pj}} = -\frac{\partial E_p \partial O_{pj}}{\partial O_{pj} \partial S_{pj}} \quad (2.14)$$

melalui persamaan (2.5) kita dapat melihat bahwa,

$$\frac{\partial O_{pj}}{\partial S_{pj}} = f'_j(s_{pj}) \quad (2.15)$$

merupakan derivatif fungsi  $f_j$  sederhana untuk unit ke  $j$ , dievaluasi pada masukan jaringan  $s_{pj}$  pada unit itu. Kemudian untuk menghitung faktor pertama, ada 2 kasus; **pertama**, diasumsikan

bahwa unit  $o_{pj}$  adalah sebuah unit keluaran dari jaringan sehingga derivatif partial dari  $E_p$  terhadap unit keluaran  $o_{pj}$  adalah sebagai berikut,

$$\frac{\partial E_p}{\partial O_{pj}} = -(t_{pj} - o_{pj}) \quad (2.16)$$

substitusi untuk kedua faktor pada persamaan (2.14), diperoleh hasil,

$$\delta_{pj} = (t_{pj} - o_{pj}) f'_j(s_{pj}) \quad (2.17)$$

untuk setiap unit keluaran  $o_{pj}$ ; **kedua** jika  $o_{pj}$  bukan sebuah unit keluaran melainkan unit hidden digunakan aturan pemisah untuk menulis,

$$\begin{aligned} \sum_k \frac{\partial E_p \partial S_{pk}}{\partial S_{pk} \partial O_{pj}} &= \sum_k \frac{\frac{\partial E_p}{\partial O_{pj}} \sum_j w_{kj} O_p}{\frac{\partial S_{pk}}{\partial O_{pj}}} \\ &= \sum_k \frac{\partial E_p}{\partial S_{pk}} w_{kj} = - \sum_k \delta_{pk} w_k \end{aligned} \quad (2.18)$$

kemudian untuk kedua faktor disubstitusi dalam persamaan (2.14),

$$\delta_{pj} = f'_j(s_{pj}) \sum_k \delta_{pk} w_k \quad (2.19)$$

Bilamana  $o_{pj}$  bukan sebuah unit keluaran. Persamaan (2.17) dan (2.19) memberikan sebuah prosedur rekursif untuk menghitung delta ( $\delta$ ) untuk semua unit dalam jaringan, yang akan digunakan untuk menghitung perubahan bobot dalam jaringan menurut persamaan (2.11). Prosedur diatas biasa disebut aturan delta tergeneralisasi untuk jaringan multilayer feedforward.

### 2.8.8 Algoritma Pelatihan Propagasi Balik (Back Propagation)

Pada bagian ini akan dibahas mengenai proses belajar pada algoritma propagasi balik. Algoritma belajar propagasi balik adalah sebuah algoritma gradien iteratif yang didesain untuk meminimalkan *mean square error* (MSE) antara keluaran sesungguhnya dari jaringan feedforward dengan keluaran yang dikehendaki. Algoritma ini membutuhkan penurunan nonlinier



yang kontinyu. Langkah-langkah berikut ini menggunakan fungsi aktivasi nonlinearitas logistik sigmoid, seperti yang tampak pada gambar 2.19. :

1. Inisialisasi bobot-bobot interkoneksi secara acak (biasanya bernilai antara -3 dan +3), pemberian nilai parameter pelatihan dengan harga yang cukup kecil.
2. Siapkan masukan dan keluaran yang diharapkan (target). Siapkan harga yang kontinyu dari vektor masukan dan tentukan target. Jika jaringan diaplikasikan sebagai pengklasifikasi, maka semua keluaran diberi harga nol, kecuali untuk keluaran yang berhubungan dengan kelas dari masukan diberi harga satu. Untuk target diberi harga satu. Masukan dapat diperbaharui pada setiap pelatihan atau sampel-sampel dari sebuah paket pelatihan disiapkan semua untuk dilatihkan secara periodik sampai didapat error yang minimum.
3. Menghitung keluaran sesungguhnya dengan menggunakan fungsi nonlinearitas sigmoid seperti gambar 2.19 dan persamaan 2.2 untuk menghitung keluarannya.
4. Mengadaptasi bobot dengan menggunakan algoritma rekursif dimulai dari unit keluaran dan kemudian ke layer hidden pertama. Bobot disesuaikan menggunakan persamaan perubahan bobot umum,

$$w_{ji}(t+1) = w_{ji}(t) + \Delta_p w_{ji}(t) \quad (2.20)$$

dimana  $\Delta_p w_{ji} = h d_{pj} o_{pi}$  seperti pada persamaan 2.11 .

Dalam persamaan ini  $w_{ji}(t)$  adalah bobot interkoneksi,  $h$  adalah sebuah konstanta penguat yang biasa disebut kecepatan belajar, dan  $d_{pj}$  adalah konstanta error untuk unit  $j$ . Jika unit  $j$  adalah sebuah unit keluaran, maka  $d_{pj}$  dapat dihitung melalui persamaan 2.17,

$$\delta_{pj} = (t_{pj} - o_{pj}) f'_j(s_{pj}) \quad (2.17)$$

Jika  $j$  adalah sebuah internal unit hidden, maka  $d_{pj}$  dapat dihitung melalui persamaan 2.19.

$$\delta_{pj} = f'_j(s_{pj}) \sum_k \delta_{pk} w_{kj} \quad (2.19)$$



keadaan konvergen dapat dicapai lebih cepat, bila ditambahkan komponen yang disebut momentum dan perubahan bobotnya akan lebih halus.

Ekspresi di atas digunakan untuk pelatihan dengan pengawasan. Dalam kenyataannya, sebuah pola dari beberapa sinyal masukan dan sinyal acuan diberikan untuk secara iteratif dilatihkan. Jika kesalahan semakin kecil dan proses belajar berhasil, keluaran yang benar dari pola yang dilatihkan dapat diperoleh. Jika ada pola yang tak dilatihkan tetapi mendekati pola yang dilatihkan, maka dengan kemampuan generalisasi, keluaran yang benar dapat dihasilkan. Tetapi keberhasilan dalam proses belajar tidak selalu menjamin dan konvergensi mungkin dapat dicapai dalam waktu yang sangat lama, atau pelatihan terjebak dalam sebuah minimum lokal dalam perjalanannya menuju ke minimum global. Untuk memperbaiki konvergensi dan pencapaian minimum global, beberapa penelitian telah dilakukan dan permasalahannya meliputi pengkodean variabel serta bagaimana menentukan jumlah neuron yang tepat (khususnya untuk layer hidden) dalam jaringan.

Meskipun begitu, adalah penting untuk mengenal lebih dulu layer hidden dan jaringan multilayer untuk diterapkan dalam suatu masalah tertentu, seperti masalah XOR, yang tidak dapat diselesaikan menggunakan perseptron.

Jaringan yang ditunjukkan pada gambar 2.20 adalah sebuah model pemetaan dari  $m$  variabel masukan ke  $n$  variabel keluaran. Diindikasikan bahwa beberapa fungsi multivariabel dapat diaproksimasi dengan menggunakan sejumlah unit neuron secukupnya pada layer hidden dalam jaringan empat layer. Ini sangat penting dalam aplikasi jaringan syaraf tiruan. Jika jaringan syaraf tiruan sudah dilatih menggunakan contoh-contoh tertentu dan dapat mengabstraksikan suatu fungsi yang diinginkan, jaringan dapat bekerja pada kasus dengan input yang berbeda dan memperoleh hasil yang efektif. Kemampuan yang dijelaskan diatas disebut

generalisasi, tetapi kemampuan generalisasi sampai saat ini belum dapat diformulasikan dengan baku.

### 2.8.9 Kesalahan Belajar

Tingkat keberhasilan proses belajar dari sebuah jaringan yang sedang dilatih dapat dilihat dari parameter E atau error. Parameter E disini menunjukkan pada kemampuan dari jaringan. Parameter E tidak harus bernilai nol, tetapi bernilai cukup kecil tergantung masalah yang dihadapi karena semakin kecil nilai E berarti jaringan semakin peka, ini berakibat kurang baik, karena biasanya kita menginginkan sebuah sistem pengenalan yang dapat mengabaikan perubahan minor sampai level tertentu.

Algoritma propagasi balik secara intensif memakai kesalahan kuadrat rata-rata (*average square error*) untuk melihat kesalahan rata-rata yang terjadi pada sel-sel keluaran dari jaringan selama proses pelatihan. Adapun persamaannya sebagai berikut :

$$E = \frac{\sum_{p=1}^P \sum_{n=1}^n (t_{pn} - o_{pn})^2}{pn} \quad (2.21)$$

dimana  $t_{pn}$  adalah target,  $o_{pn}$  adalah keluaran dari jaringan,  $p$  adalah banyaknya pola dan  $n$  adalah banyaknya neuron pada layer keluaran dari jaringan saraf tiruan.

### 2.8.10 Faktor-faktor Belajar

Ada beberapa parameter-parameter yang turut menentukan keberhasilan suatu proses belajar pada algoritma propagasi balik. Parameter-parameter ini meliputi kecepatan belajar (*learning rate*) , *momentum*, inialisasi bobot, jenis adaptasi bobot dan penentuan jumlah neuron pada layer hidden.



### 2.8.11 Inisialisasi Bobot

Bobot-bobot interkoneksi dari jaringan saraf tiruan yang akan dilatih biasanya diinisialisasi dengan harga yang kecil. Inisialisasi mempunyai pengaruh yang besar terhadap hasil yang diinginkan. Jika bobot diberi harga yang sama dan keluaran menginginkan bobot dengan harga yang random, maka jaringan mungkin tidak terlatih dengan semestinya atau meskipun jaringan dilatih dengan input yang random, jaringan tetap menghasilkan bobot yang sama.

Banyak studi empiris membuktikan bahwa meneruskan pelatihan pada saat error mencapai harga kecil yang stabil atau datar menghasilkan bobot yang tak diinginkan. Ini juga dapat menyebabkan kesalahan meningkat dan kualitas mapping dari jaringan menurun. Untuk mengatasi hal tersebut diatas maka sebaiknya nilai bobot diberi harga yang random.

### 2.8.12 Adaptasi Komulatif dan Adaptasi Biasa

Ada dua jenis adaptasi bobot dalam pelatihan pada algoritma jaringan saraf tiruan yaitu adaptasi komulatif ( *Cumulative Weights Adjusment* ) dan adaptasi biasa ( *Incremental Updating* ).

Adaptasi biasa ialah bobot diadaptasi pada setiap pola yang masuk, sedangkan adaptasi komulatif ialah bobot baru diadaptasi setelah semua pola masuk.

Kedua jenis adaptasi diatas dapat dipakai karena sama-sama memberikan hasil yang baik. Tetapi yang perlu diingat hasil pelatihan yang baik didapat dari kondisi yang random.

### 2.8.13 Kecepatan Belajar

Parameter kecepatan belajar menunjukkan intensitas dalam proses belajar, parameter ini juga menentukan efektifitas dan konvergensi dari pelatihan. Parameter ini dipilih sedemikian



rupa sehingga konvergensi yang optimal dapat dicapai dalam proses pelatihan atau belajar. Umumnya harga optimum dari  $h$  tergantung pada masalah yang dihadapi dan tidak ada suatu harga yang cocok untuk semua kasus pelatihan. Masalah ini seperti menjadi umum untuk semua pola optimisasi dengan berbasis gradien yaitu bahwa penurunan gradien dapat menjadi metode yang efektif untuk mendapatkan bobot yang meminimumkan error tetapi dengan metode ini permukaan error seringkali mempunyai bentuk yang membuat konvergensi lambat dicapai.

Untuk kasus dimana selisih dari pola pelatihan cukup besar, maka dapat dipilih  $h$  yang besar, tetapi biasanya untuk pelatihan dengan pola masukan yang bernilai cukup kecil, atau selisih antara pola satu dengan yang lainnya kecil maka dipilih harga  $h$  yang cukup kecil.

Harus diingat bahwa hanya harga  $h$  yang cukup kecil yang menjamin penurunan gradien terlaksana dengan baik, tetapi ini harus dibayar dengan meningkatnya jumlah iterasi. Harga 0.001 sampai 10 dapat dipakai untuk harga kecepatan belajar.

#### 2.8.14 Momentum

Penggunaan parameter momentum ialah untuk mempercepat proses konvergensi dan menghindari terjebaknya pelatihan pada lokal minima. Perubahan bobot dengan momentum dapat dilihat pada persamaan dibawah ini :

$$\Delta w(t) = -\eta \nabla E(t) + \alpha \Delta w(t-1) \quad (2.22)$$

dimana momentum dilambangkan dengan  $\alpha$  . Harga momentum biasanya berkisar antara 0.1 dan 0.8.

Momentum dapat mempercepat konvergensi, kemampuan belajar yang efektif serta dapat diandalkan (Jacobs 1988).

Momentum disarankan dipakai apabila konvergensi terlalu lama dan pelatihan sukar dicapai.

## BAB III

### PERANGKAT KERAS

---

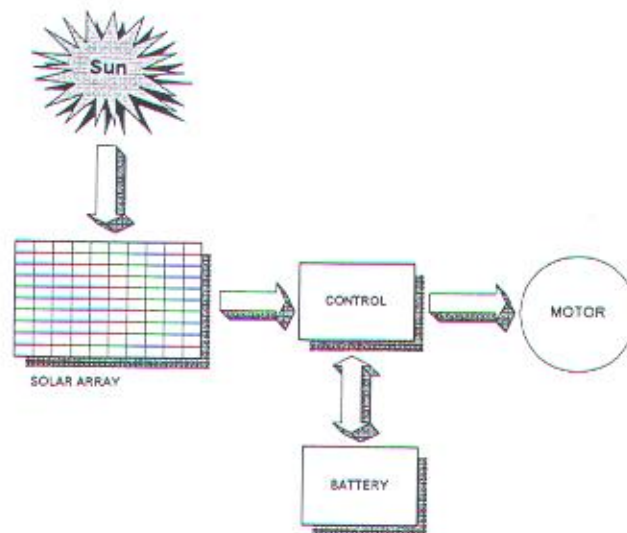
Dalam bab ini akan dibahas perencanaan dalam dan pembuatan perangkat keras yang dimulai dari blok diagram sistem yang kemudian direalisasikan modul-modul yang terpaket dalam suatu sistem akuisisi data dan telemetri. Elemen-elemen perangkat keras untuk akuisisi data antara lain adalah sensor dan pengkondisi sinyal (untuk tegangan, arus, suhu, dan putaran motor), multiplekser analog dan buffer, modul ADC dan penampil LCD. Sedangkan untuk komunikasi data terdiri atas rangkaian modem, pemancar radio, dan penerima radio.

#### 3.1 Blok Diagram Sistem

Sistem elektrik dari mobil listrik tenaga surya Widya Wahana III mencakup *power system* yang merupakan sistem konversi energi, sistem kontrol dan sistem instrumentasi. Pada bagian berikut ini akan dijelaskan sistem konversi energi dan sistem instrumentasi.

##### 3.1.1 Sistem Konversi Energi

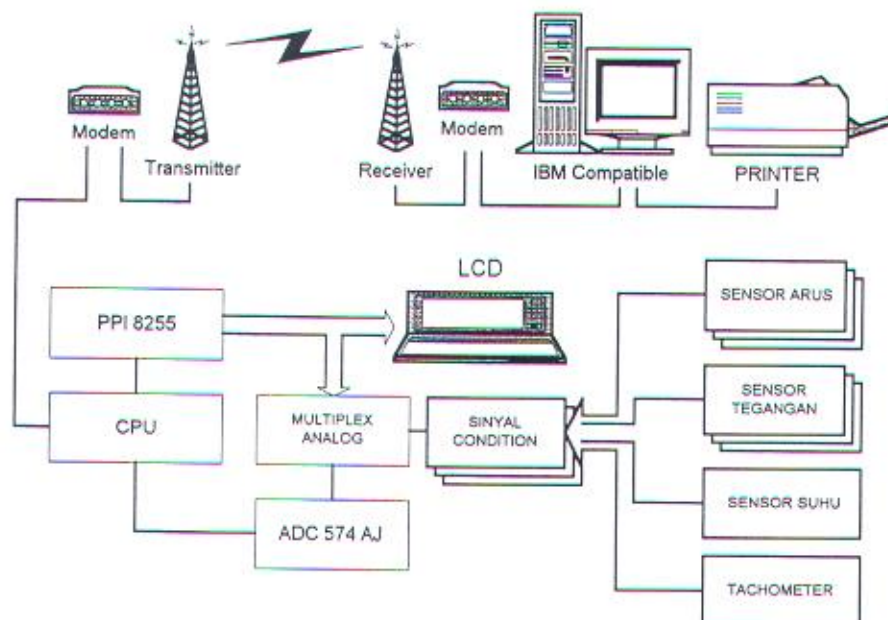
Blok diagram sistem konversi energi mobil listrik tenaga surya Widya Wahana III dapat dilihat pada gambar 3.1. Dari blok diagram tersebut dapat dilihat bahwa energi surya akan dikonversi menjadi energi listrik oleh solar sel. Energi listrik hasil konversi tersebut disimpan dalam battery yang sekaligus merupakan buffer dan regulator sistem. Oleh motor energi listrik tersebut dikonversi menjadi energi gerak untuk menggerakkan roda mobil. Proses konversi energi inilah yang selanjutnya akan dideteksi oleh sistem akuisisi data dan sistem telemetri.



Gambar 3.1  
Blok diagram power system mobil surya

### 3.1.2 Sistem Akuisisi Data

Blok diagram dari sistem akuisisi data pada instrumentasi dan telemetri yang dibuat adalah sebagai berikut :



Gambar 3.2  
Blok diagram sistem akuisisi data dan telemetri



Blok diagram tersebut terdiri atas beberapa bagian yang antara lain dapat dijelaskan satu persatu sebagai berikut :

- ☑ Sensor atau transduser yang berfungsi untuk merubah sinyal atau besaran parameter yang dideteksi menjadi sinyal listrik. Beberapa sensor yang digunakan adalah beberapa sensor tegangan, beberapa sensor arus, beberapa sensor suhu, dan sensor RPM untuk mendeteksi putaran motor dan kecepatan. Untuk selanjutnya sinyal akan diolah oleh bagian pengkondisi sinyal.
- ☑ Pengkondisi sinyal yang berfungsi untuk menyesuaikan karakteristik sinyal output dari sensor agar dapat diolah oleh ADC. Digunakan rangkaian ini karena ketidaksesuaian dan keterbatasan karakteristik level output, range frekuensi, maupun impedansi output dari sensor dengan karakteristik input ADC.
- ☑ Multiplexer Analog dikendalikan oleh rangkaian PPI 8255 yang digunakan sebagai pemilih sinyal pada saluran mana yang akan diolah oleh modul ADC. Dalam sistem akuisisi data ini terdiri atas beberapa saluran yang terdapat sensor dan pengkondisi sinyal yang mendeteksi parameter yang telah ditentukan untuk setiap salurannya. Tentunya tidak memungkinkan memproses semua parameter yang dimaksud secara bersamaan, oleh sebab itu dengan rangkaian multiplexer analog inilah satu persatu dari parameter-parameter yang diukur akan dipilih dan diolah secara berurutan.
- ☑ Modul Analog to Digital Converter ( ADC ) adalah bagian yang mengkonversi sinyal analog yang berasal dari sensor dan pengkondisi sinyal ke bentuk sinyal digital. Hasil konversi tersebut untuk selanjutnya akan ditampilkan dalam mode text maupun mode grafik sekaligus dapat ditransmisikan dengan modem.

- ☑ Penampil LCD berfungsi untuk menampilkan data parameter dalam mode text.
- ☑ Modul PPI 8255 merupakan paralel I/O yang dapat diprogram untuk mentransfer data ke LCD dan mengontrol multiplexer analog.
- ☑ Fixed disk adalah media penyimpan program yang berupa instruksi yang menjalankan sistem dan penyimpan data.
- ☑ CPU merupakan pusat pengotrol yang menjalankan system secara keseluruhan sehingga semua fungsi yang diharapkan akan bekerja dengan baik. Didalam CPU ini sudah terdapat perangkat I/O interfacing dan serial port.
- ☑ Modem merupakan perangkat yang berfungsi memodulasikan sinyal digital kedalam mode analog yang kemudian dalam mode analog data-data tersebut ditransmisikan.
- ☑ TX atau transmitter yang dalam hal ini berupa perangkat radio akan mentransmisikan data dalam jarak jauh tanpa kabel sehingga untuk keperluan telemetri ini dari suatu tempat pada jarak tertentu data akan diterima, ditampilkan, dicetak, maupun disimpan dalam suatu file untuk keperluan tertentu.
- ☑ RX atau receiver berfungsi menerima sinyal yang dipancarkan oleh TX yang selanjutnya oleh modem sinyal tersebut diterjemahkan kedalam mode digital untuk diproses oleh CPU.

### **3.2 Sensor dan Pengkondisi Sinyal**

Dalam perencanaan sensor dan pembuatan pengkondisi sinyal yang harus diperhatikan adalah karakteristik sinyal yang akan disensor, karakteristik sensor, dan pemilihan disain pengkondisi sinyal yang sesuai dengan karakteristik sensor.



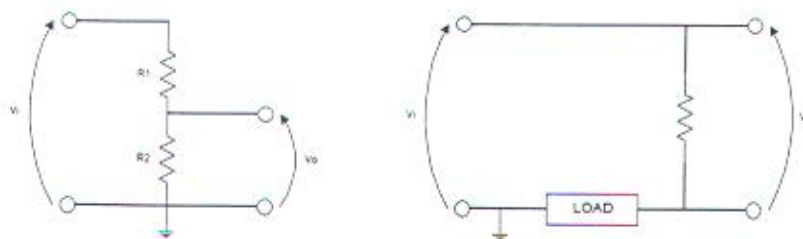
### 3.2.1 Sensor Tegangan Dan Arus

Sensor tegangan direalisasikan dengan konfigurasi pembagi tegangan dengan resistor bertoleransi 1% yang disesuaikan dengan range tegangan input dari modul ADC. Dimana nilai resistor-resistornya dapat ditentukan sebagai berikut:

$$V_{out} = V_{in} \times R_2 / (R_1 + R_2)$$

Sedangkan untuk sensor arus dipergunakan resistor shunt yang dipasang seri terhadap beban. Metoda pengukuran yang digunakan yaitu dengan mengukur beda potensial antara kedua kaki resistor tersebut. Dengan mengetahui nilai resistansi dari resistor shunt tersebut maka akan diperoleh besar arus yang mengalir melwatinya. Metoda yang lain yaitu dengan cara membandingkan tegangan yang terukur antara kedua kaki resistor shunt dengan besar arus yang terukur oleh Ampere meter standart, dimana besar tegangan terukur akan sebanding dengan arus yang mengalir pada resistor shunt.

$$V = I \times R_{shunt}$$



Gambar 3.3  
Sensor tegangan dan sensor arus

Parameter-parameter yang dideteksi oleh konfigurasi sensor ini antara lain :

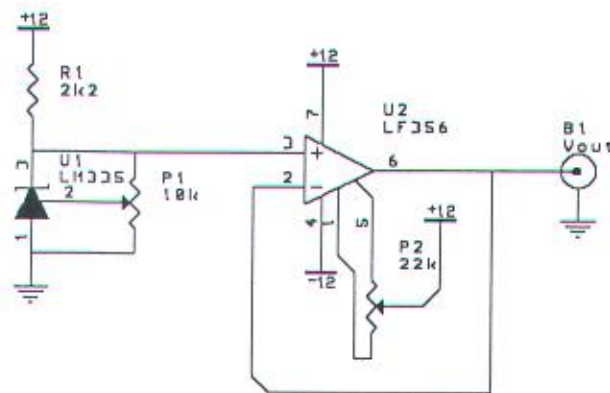
- ☒ Tegangan Solar Cell
- ☒ Tegangan Battery
- ☒ Arus Solar Cell
- ☒ Arus Battery
- ☒ Arus Motor



### 3.2.2 Sensor Temperatur

Transducer untuk suhu dirancang menggunakan komponen aktif LM35 yaitu rangkaian terpadu pengubah temperatur (dalam satuan  $^{\circ}\text{C}$ ) ke tegangan dengan faktor konversi  $10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ .

Rangkaiannya adalah sebagai berikut :

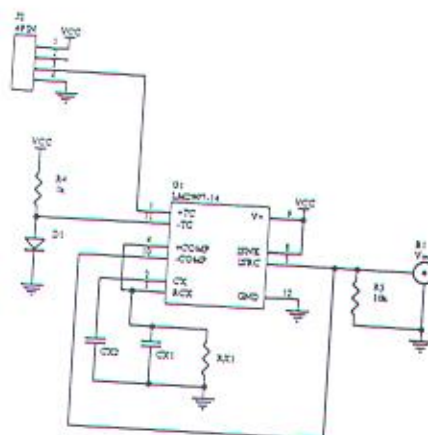


Gambar 3.4  
Transducer Suhu

### 3.2.3 Tachometer

Tachometer berfungsi untuk mendeteksi putaran motor, dengan demikian dapat diketahui berapa putaran poros motor berputar pada setiap menitnya. Selain itu dengan menghitung berapa besar reduksi diameter roda gigi transmisi ke roda dan dengan memperhitungkan besar jari-jari roda akan diperoleh kecepatan mobil.

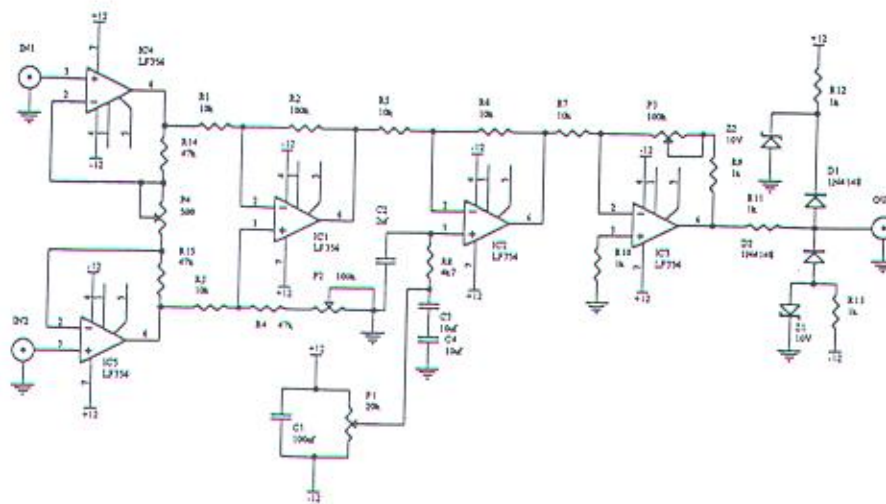
Pada tugas akhir ini digunakan sensor *Variable Reluctance Magnetic Pick Up* yang disebut juga *frequency-tachometer* dimana sinyal output merupakan besaran tegangan yang variabel sesuai dengan putaran motor. Dengan menggunakan IC LM2907 besaran frekuensi output dari sensor tersebut akan dikonversi kedalam besaran tegangan. Tachometer yang dimaksud diperlihatkan pada gambar berikut ini :



Gambar 3.5  
Rangkaian Tachometer

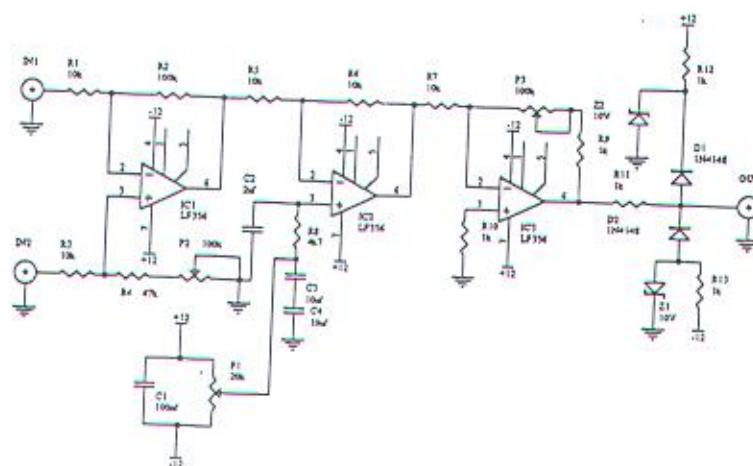
### 3.2.4 Modul Pengkondisi Sinyal

Modul pengkondisi sinyal didisain terdiri atas dua macam yaitu untuk sinyal kecil dan sinyal besar. Sinyal kecil yang dimaksud adalah besaran tegangan dalam orde mili-volt atau mungkin lebih kecil lagi seperti yang terjadi pada penkondisian sinyal output dari sensor arus dimana levelnya hanya berkisar beberapa mili-volt. Sedangkan pengkondisi sinyal yang kedua adalah untuk sinyal-sinyal yang cukup besar dan mungkin levelnya lebih besar dari level tegangan yang diijinkan sebagai input modul ADC, oleh sebab itu oleh rangkaian pengkondisi sinyal ini akan disesuaikan. Pengkondisi sinyal untuk sinyal kecil yang terdiri atas rangkaian penguat instrumentasi, rangkaian offset null, rangkaian penguat inverting dan rangkaian pembatas level tegangan output seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut ini :



Gambar 3.6  
Pengkondisi sinyal kecil

Sedangkan rangkaian pengkondisi sinyal besar terdiri atas penguat deferensial, rangkaian null offset, penguat inverting, dan rangkaian pembatas level tegangan output. Seperti yang ditunjukkan oleh gambar berikut ini :



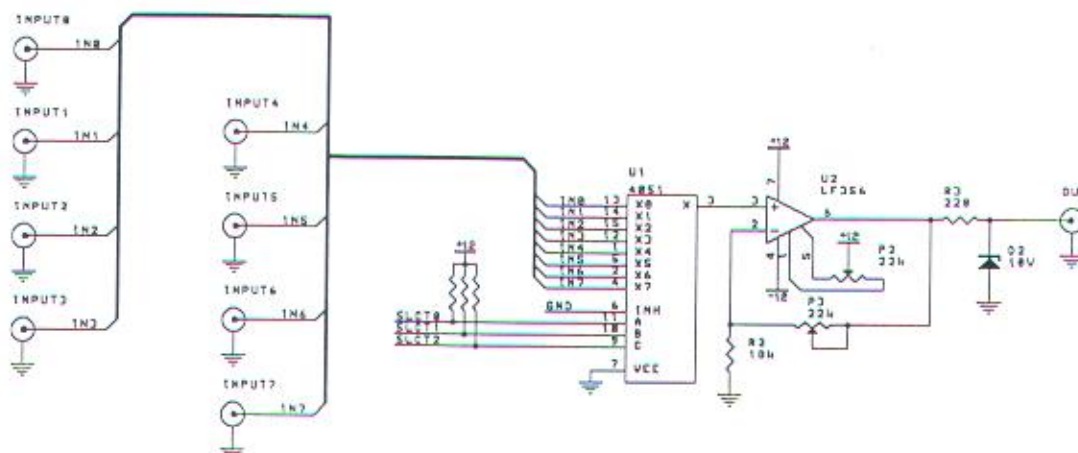
Gambar 3.7  
Pengkondisi sinyal besar

### 3.3 Multiplexer dan Buffer



### 3.3 Multiplexer dan Buffer

Multiplexer diperlukan untuk memilih sinyal mana yang akan dikonversikan oleh ADC. Multiplexer analog dipergunakan untuk memilih salah satu input yang akan dihubungkan ke ADC. Komponen aktif yang digunakan adalah IC CMOS 4051 yaitu 8 to 1 analog multiplexer. Pemilihan channel aktif dilakukan oleh port antar-muka paralel sebanyak 3 bit. Sedangkan rangkaian buffer digunakan untuk menyesuaikan sekaligus menguatkan sinyal setelah melewati proses pemilihan saluran. Selengkapnya rangkaian multiplexer analog dapat dilihat di bawah ini :



Gambar 3.8  
Analog Multiplexer

### 3.4 Antar-muka Paralel

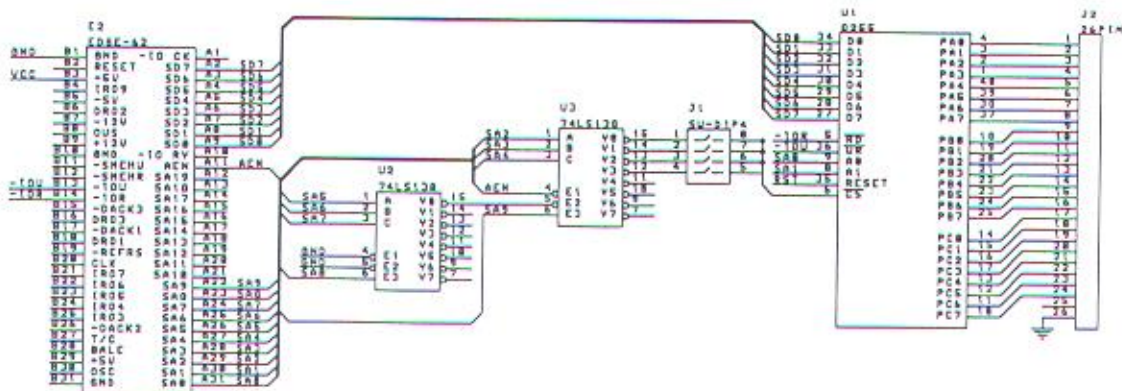
Antar-muka paralel pada tugas akhir ini menggunakan Programmable Peripheral Interface 8255 dengan address Port 300h-303h, berfungsi untuk mengendalikan bit-bit control :

- ☒ Selektor multiplexer analog
- ☒ Untuk mengotrol input / output data pada penampil LCD

Address port yang dipergunakan adalah :

- ☐ Port A : 300h
- ☐ Port B : 301h
- ☐ Port C : 302h

Rangkaiannya antar-muka parallel dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9

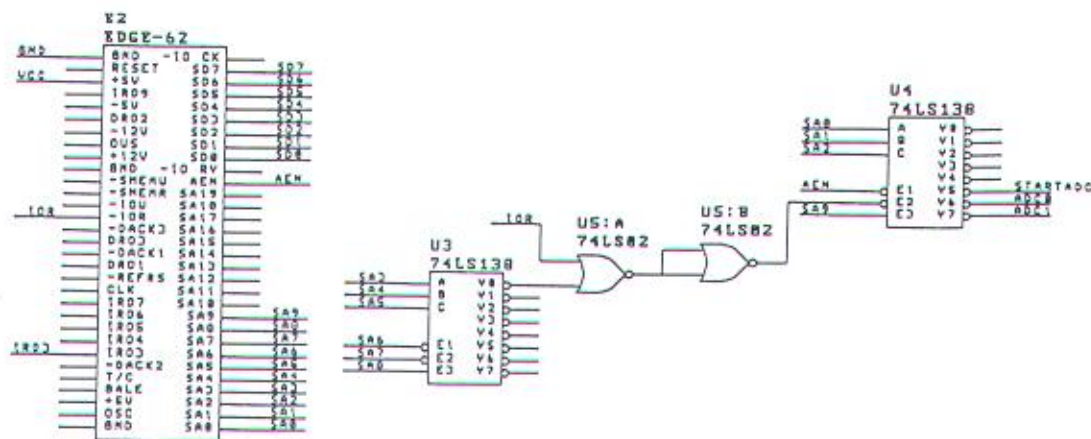
Rangkaian Antar-muka Paralel

### 3.4 Analog to Digital Converter

Bagian ini diperlukan untuk mengubah besaran tegangan analog menjadi data digital yang dapat diolah oleh IBM PC. ADC yang digunakan adalah AD574 dengan resolusi 12 bit, dioperasikan dengan address port :

- ☐ 305H : pemberian sinyal start konversi
- ☐ 306H : untuk port pembacaan hasil konversi 8 bit terendah
- ☐ 307H : untuk port pembacaan hasil konversi 4 bit tertinggi dan bit status

Desain rangkaian address decodernya seperti pada gambar 3.10.

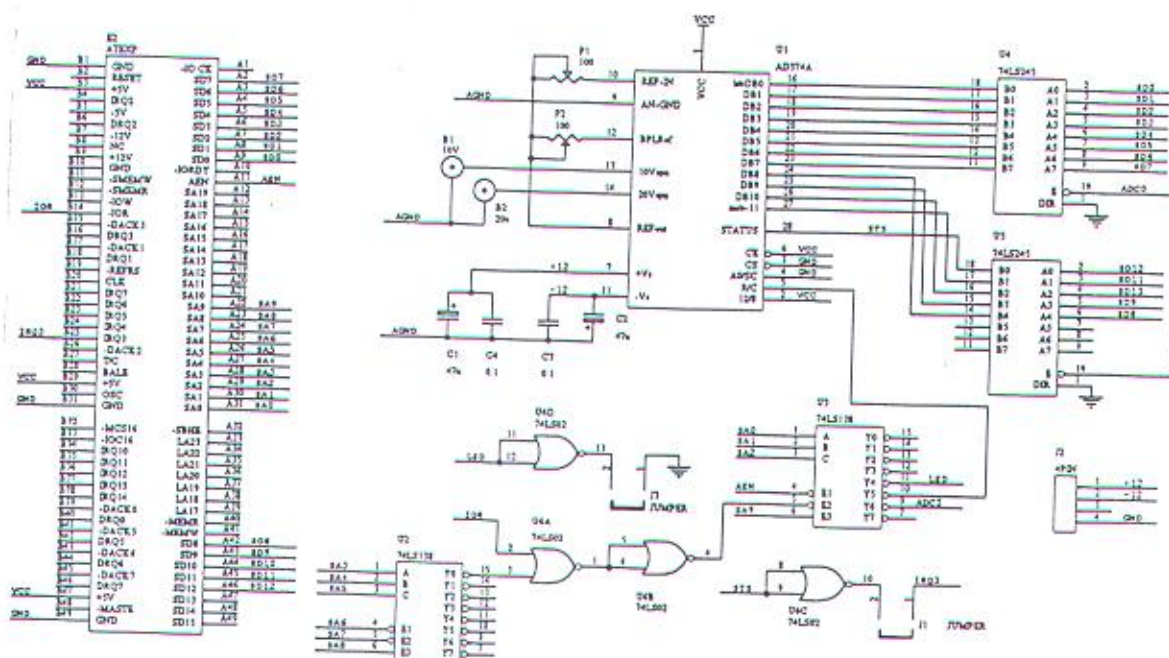


Gambar 3.10

## Address Decoder ADC

Modul ADC dijalankan pada mode bipolar dengan maksud agar dimungkinkan adanya polaritas sinyal positif dan negatif dengan tegangan span sebesar  $\pm 10$  Volt, pengaktifan awal konversi dan pembacaan data menggunakan pulsa rendah pada pin R/C yang dihubungkan pada address decoder dengan alamat port 305h.

Rangkaiannya adalah sebagai berikut :

Gambar 3.11  
Rangkaian ADC



### 3.5 Modul Komunikasi Serial RS 232C

Modul komunikasi serial ini merupakan *Asynchronous Communication Adapter* dari IBM-PC XT yang mempunyai alamat *port* 3F8h untuk COM1 dan 2F8h untuk COM2. Modul ini sudah terdapat pada perangkat super I/O card. Card Serial Interface RS 232C ini menggunakan IC INS 8250, dimana pada output dan inputnya dilengkapi pengubah level logika dari level logika TTL ke level logika RS 232C dengan menggunakan IC MC1488 dan MC 1489.

Mode komunikasi serial yang digunakan adalah mode tanpa adanya *Handshake*, sehingga pin dari konektor D Shell 25 pin atau D Shell 9 pin yang dipakai hanya pin Txd, Rxd, dan Ground sinyal.

## BAB IV

### DESAIN PERANGKAT LUNAK

---

#### 4.1 Gambaran Umum

Untuk menjalankan fungsi-fungsi dari sistem akuisisi data dan telemetri selain didukung oleh perangkat keras, instruksi-instruksi untuk fungsi kontrol maupun transfer data akan dijalankan dengan sistem perangkat lunak. Dalam tugas akhir ini dirancang perangkat lunak untuk menjalankan fungsi-fungsi antara lain sebagai berikut :

☐ Pada modul akuisisi data dan transfer data :

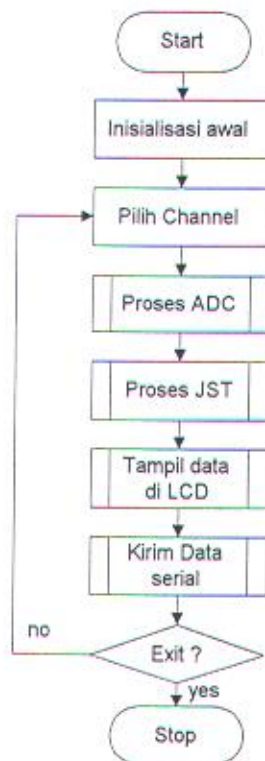
- ☒ Untuk memberikan instruksi kepada PPI 8255 sebagai selektor input bagi multiplexer analog untuk memilih input mana yang akan diproses
- ☒ Untuk menjalankan fungsi ADC dengan mengatur timing kapan modul ADC start konversi, status ready, dan pengiriman data ke data-bus
- ☒ Untuk menjalankan algoritma jaringan saraf tiruan
- ☒ Untuk menampilkan data hasil proses konversi ADC dan JST ke penampil LCD
- ☒ Untuk menjalankan fungsi transfer data dengan komunikasi data serial

☐ Pada modul receive data :

- ☒ Menjalankan prosedur terima data serial
- ☒ Mengolah data yang diterima oleh modem untuk ditampilkan dalam mode grafik, mencetak, dan menyimpan data ke dalam bentuk file

#### 4.2 Program Utama

Program utama terdiri atas prosedur-prosedur yang merupakan sub program untuk menjalankan instruksi pada setiap bagian dalam sistem akuisisi data dan telemetri, seperti yang ditunjukkan oleh diagram alir berikut ini :



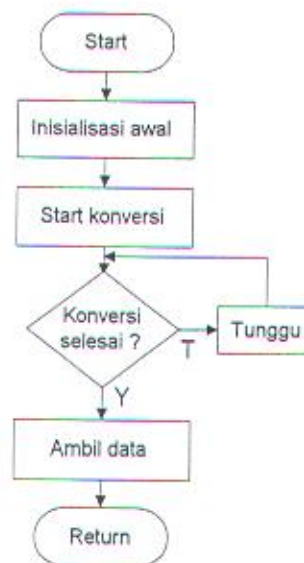
Gambar 4.1  
Flowchart Program Utama

Dari diagram alir tersebut terlihat bahwa proses dalam akuisisi data diawali dengan inisialisasi perangkat keras baru kemudian dilakukan pemilihan input bagian mana yang akan diproses oleh rangkaian ADC, setelah diperoleh data hasil konversi dari analog ke digital akan dilanjutkan dengan proses JST. Berikutnya data akan ditampilkan ke modul LCD dan dikirim secara serial dengan modem. Demikian seterusnya proses akan diulangi untuk saluran input berikutnya.



#### 4.3 Prosedur Konversi Analog To Digital

Setelah melewati pemilihan sinyal input oleh multiplexer analog selanjutnya sinyal analog akan dikonversi menjadi sinyal digital oleh modul ADC AD574A dengan proses yang ditunjukkan oleh diagram alir berikut :

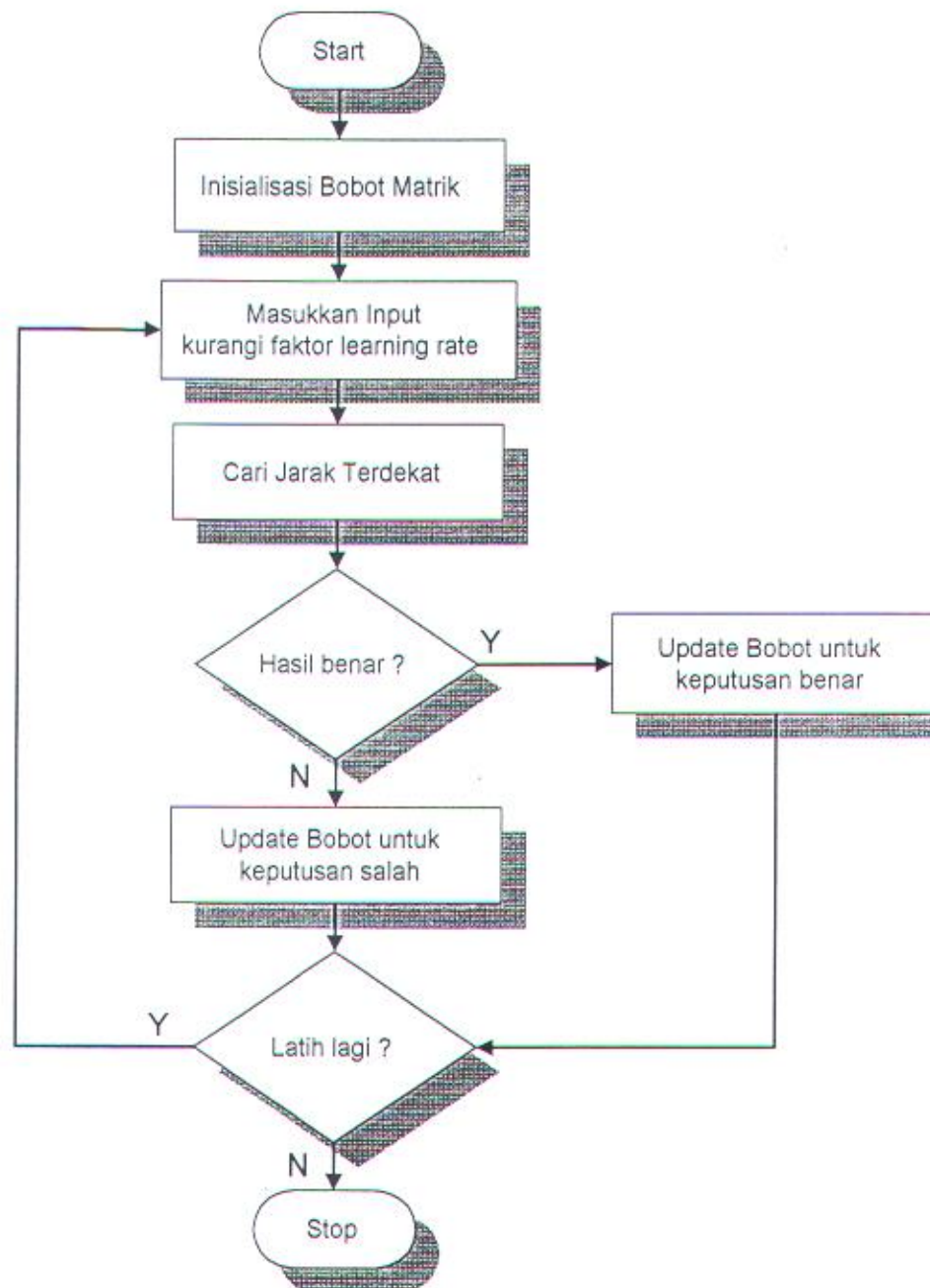


Gambar 4.2  
Flowchart proses ADC

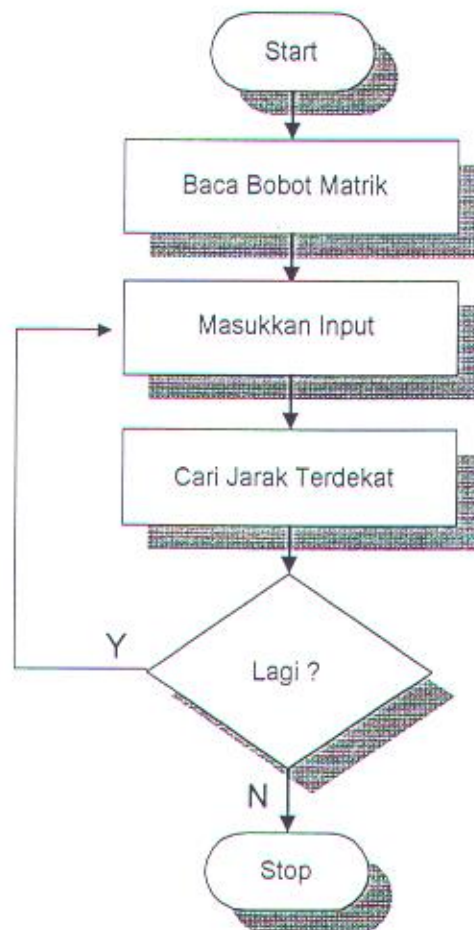
Pengambilan data dilakukan setelah proses konversi selesai yang ditandai oleh adanya perubahan sinyal status dari IC AD574. Data-data inilah yang akan diproses dalam Algoritma Jaringan Saraf Tiruan.

#### 4.4 Proses Jaringan Saraf Tiruan

Dalam proses ini dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu mode belajar dan mode demo. Untuk mode belajar akan dilakukan inisialisasi bobot dan update bobot dari proses belajar yang dilakukan. Algoritma JST untuk mode belajar dan mode demo seperti diagram alir berikut ini :



Gambar 4.3  
Flowchart proses belajar JST



Gambar 4.4  
Test hasil JST



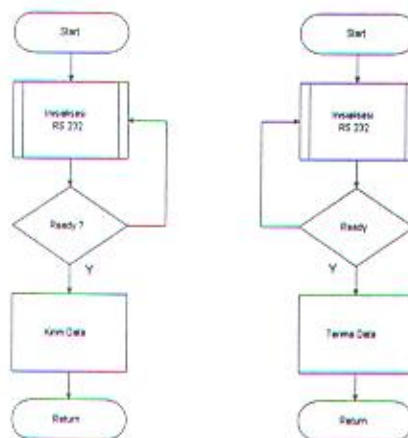
#### 4.5 Menampilkan Data Pada LCD

Untuk menampilkan data parameter dipergunakan modul *Liquid Crystal Display* yang dalam mengoperasikanya menurut prosedur berikut ini :



Gambar 4.5  
Procedure tampilan LCD

#### 4.6 Prosedur Transmit Dan Receive RS232 Dengan Modem



Gambar 4.6  
TX -RX RS232

#### 4.7 Struktur Program Delphi

Untuk menampilkan data yang telah diterima oleh modem pada modul Receive-data dalam tugas akhir ini digunakan perangkat lunak *Borland Delphi*, dimana operasinya dijalankan dalam mode *under windows*.

Perangkat lunak yang dibuat dengan Borland Delphi berupa sebuah *project* yang tersusun dari sebuah file project dengan ekstensi .DPR, file-file pembentuk form terdiri dari unit pembentuk form dengan ekstensi .PAS dan file bitmap form dengan ekstensi .DFM. Umumnya sebuah project membutuhkan unit-unit lain yang berhubungan dengan komponen yang digunakan dalam window. File-file unit tersebut berekstensi .PAS dan .DCU.

Dalam Borland Delphi, form dapat diartikan sebagai sebuah window yang dapat menerima komponen-komponen (misalnya menu, tombol, image, dan lain-lain). Komponen-komponen tersebut dapat ditempatkan pada saat desain, atau secara dinamis pada saat eksekusi program.

##### 4.7.1 Organisasi Form

Dalam tugas akhir ini pada perangkat lunak Borland Delphi terdiri atas form-form yang menyusun program antara lain :

☒ Main Form :

Form ini membentuk window utama program, berisi menu utama dan sebuah image yang menampilkan judul tugas akhir, nama pembuat tugas akhir, dan versi berapa program akuisisi dan telemetri ini dibuat. Unit penyusun form ini adalah MAINUNIT.PAS

☒ Grafik Form :

Berupa sebuah window yang berisi Grafik parameter yang dipantau oleh sistem telemetri yang dilengkapi dengan menu dan *tool bar* untuk setting tampilannya. Unit penyusun form ini adalah GRAFIKKU.PAS

☒ On-Comm Form :

Merupakan sebuah window dengan fasilitas untuk komunikasi serial yang diset pada COM2, 1200bps, 1stopbit, dan 8-bit data transfer. Unit penyusun form ini adalah OnComm.pas

☒ Panel :

Merupakan sebuah window yang menggambarkan panel-panel instrumentasi berupa spedo-meter dan penampil level. Unit penyusun form ini adalah PANEL..PAS

☒ AboutBox :

Merupakan window dialog yang memberikan keterangan mengenai pembuat program ini. Unit penyusun form ini adalah ABOUT.PAS



## **BAB V**

### **PENGUJIAN PERALATAN DAN KALIBRASI**

---

Setelah seluruh sistem direalisasikan dan bekerja, proses selanjutnya yang perlu dilakukan adalah melakukan pengujian dan kalibrasi pada tiap sub sistem yang menyusun sistem secara keseluruhan dengan cara pengukuran menggunakan alat standart yang sejenis yang sebagai pembanding. Hal ini diperlukan untuk memastikan akurasi dan validitas data yang diperoleh oleh perangkat keras Tugas Akhir ini. Barulah setelah itu dilakukan uji coba peralatan keseluruhan secara sisten yang terintegrasi.

#### **5.1 Pengujian dan Kalibrasi Tachometer**

Tachometer dikalibrasi dengan memberikan sebuah sumber sinyal (*signal generator*) dengan frekuensi yang telah diketahui, kemudian dihubungkan ke input tachometer. Dengan asumsi bahwa kecepatan maksimum yang diperbolehkan adalah 4000 rpm, maka frekuensi signal generator dibuat sebesar  $4000 \times 60 \text{ Hz} = 240 \text{ kHz}$  sebagai frekuensi untuk penunjukan skala penuh. Dengan input frekuensi skala penuh, maka RX1 diset agar output tachometer menunjuk pada tegangan 10 Volt. Dengan demikian tegangan output tachometer melambangkan kecepatan putaran rotor sebesar  $10 \text{ V} / 4000 \text{ rpm} = 2,5 \text{ mV/rpm}$  atau sebesar  $10 \text{ V} / 240 \text{ kHz} = 41,52 \text{ mV/kHz}$  frekuensi sinyal input.

#### **5.2 Pengujian dan Kalibrasi Transducer Suhu**

Transducer suhu LM 35 memiliki koefisien konversi  $10\text{mV} / ^\circ\text{C}$ , dengan demikian untuk skala penuh 10 V identik dengan suhu  $1000 ^\circ\text{C}$ . Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan

output LM 35 dengan penunjukan thermometer pada kondisi yang sama, misalnya dengan bantuan sebuah pemanas yang dapat diatur suhunya.

### **5.3 Pengujian dan Kalibrasi Signal Conditioner & Analog Multiplexer**

Analog Multiplexer dapat diidentikkan dengan saklar multi-input satu output yang pemilihannya dilakukan melalui bit-bit A,B,C pada IC 4051 (gambar 3.8).

Kalibrasi dilakukan dengan terlebih dahulu melepas IC 4051 dari sub sistem. Kemudian variable-gain variable-offset amplifier U2 diberi input 0 Volt, dan offset trimmer P2 diset hingga output amplifier menunjukkan tegangan 0 Volt. Selanjutnya amplifier diberi input 10 V, dan gain trimmer P3 diset hingga output amplifier menunjukkan tegangan 10 V.

Selanjutnya U1 4051 dipasang, dan setiap input dihubungkan dengan signal conditioner (gambar 3.6 -3.7). Multiplexer diset untuk berhubungan dengan salah satu input dengan mengatur bit A,B,C. Input signal conditioner diberi tegangan 0V dan offset trimmer signal conditioner diset agar output sub sistem Analog Multiplexer menunjukkan 0V. Selanjutnya input signal conditioner diberi tegangan 10 V, dan gain trimmer signal conditioner diset agar output sub sistem Analog Multiplexer menunjukkan 10 V. Hal ini dilakukan untuk setiap channel Multiplexer.

### **5.4 Pengujian dan Kalibrasi Analog to Digital Converter**

Prosedur kalibrasi operasi bipolar mula-mula dilakukan dengan menyetel *trimmer offset* R2 untuk kalibrasi gain. Prosedur dari kalibrasi offset dan gain adalah sebagai berikut dalam hal ini dikhususkan untuk range input  $\pm 5$  V :

- ☒ Menghubungkan sinyal DC 1/2 LSB diatas skala negatif penuh ( -4,9988 V). Mengatur potensiometer  $R_1$  sehingga terjadi transisi perubahan output antara 0000 0000 0000 dan 0000 0000 0001.

- ☑ Menghubungkan sinyal DC 1/2 LSB dibawah skala positif penuh (+ 4,9963 V ).  
Memutar potensiometer  $R_2$  sehingga terjadi transisi output antara 1111 1111 1110 menuju 1111 1111 1111.



## **BAB VI**

### **PENUTUP**

---

#### **6.1 Kesimpulan**

- ☐ Unjuk kerja sistem akuisisi data sangat dipengaruhi oleh beberapa hal yang menyangkut pemilihan sensor atau transduser yang sesuai, komponen, type rangkaian dan metode yang dipakai.
- ☐ Kebenaran data yang diperoleh dari proses dengan jaringan saraf tiruan bergantung dengan lama pelatihan yang dilakukan.
- ☐ Mutu dan besar amplitudo sinyal radio pada sistem komunikasi mempengaruhi keandalan dan kebenaran data yang ditransmisikan.

#### **6.2 Saran-Saran Dan Kemungkinan Pengembangan**

- ☐ Diharapkan adanya penelitian dan pengembangan lebih lanjut dibidang akuisisi data dan telemetri serta bidang yang lain dengan metoda-metoda yang lebih akurat dan lebih handal.
- ☐ Sistem akuisisi data dan telemetri pada mobil listrik tenaga surya Widya Wahana III diregulasikan dapat dikembangkan menjadi suatu sistem cerdas yang berorientasi pada manajemen energi dan efisiensi energi.

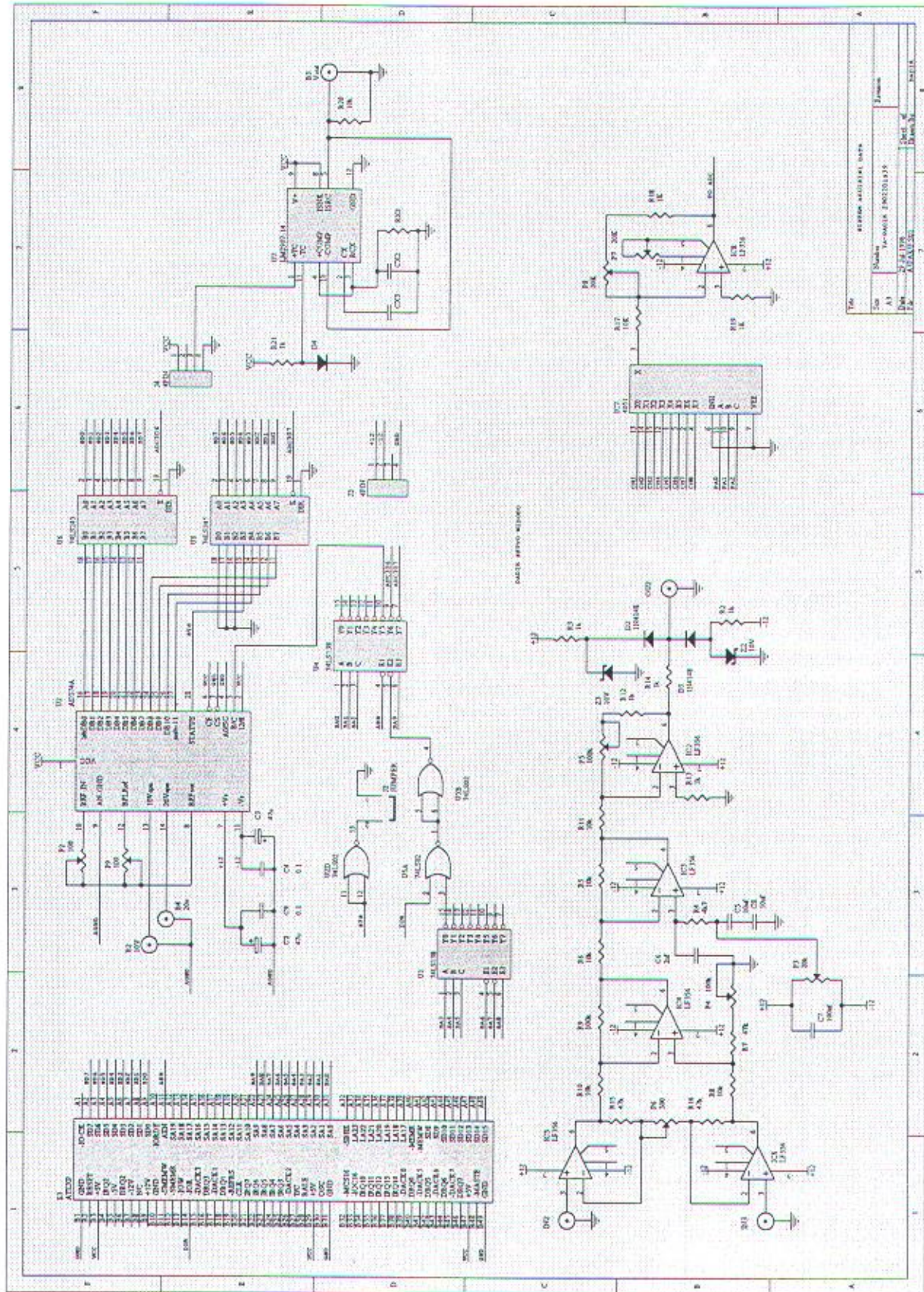
## DAFTAR PUSTAKA

1. Coughlin, Robert F. dan Driscoll, Frederick F, 1992, PENGUAT OPERASIONAL DAN RANGKAIAN TERPADU LINEAR, Diterjemahkan oleh Herman Widodo Sumitro, Jakarta : Erlangga.
2. Eberhard dan Dobbins, Roy W. 1990, NEURAL NETWORK PC TOOLS : A PRACTICAL GUIDE, California USA : Academic Press.Inc.
3. Hall, Douglas V. 1992, MICROPROCESSOR AND INTERFACING - PROGRAMING AND HARD WARE SECOND EDITION, Singapore : Glencoe, Macmillan/Mcgraw-Hill.
4. Haryatno, Joko. 1982, JARINGAN SYARAF TIRUAN HOPFIELD UNTUK PENGENALAN POLA BINER DUA DIMENSI, ITB Bandung : Tugas Akhir Bidang Studi Elektronika.
5. Lippmann, Richard. P. 1987, AN INTRIDUCTION TO COMPUTING WITH NEURAL NETS, USA : IEEE ASP Magazine.
6. Maloney, Timothy J. 1986, INDUSTRIAL SOLID STATE ELECTRONIC, New Jersey : Prentice Hall.
7. Schuler, Charles A. dan McNamee, William L. 1986, INDUSTRIAL ELECTRONICS AND ROBOTICS, Singapore : Mcgraw-Hill International Edition.
8. Zurada, Jacek.M. 1992, INTRODUCTION TO ARTIFICIAL NEURAL SYSTEM, Singapore : Info Acces & Distribution Pte Ltd.
9. ---- 1988, CMOS INTEGRATED CIRCUITS DATABOOK, California : National Semiconductor Corporation.
10. ---- 1982, DATA AQUISITION DATABOOK VOL-1, USA : Analog Device Inc.

11. ----- 1988, LINEAR 3 DATABOOK, California : National Semiconductor Corporation.
12. ----- 1984, TECHNICAL REFERENCE FOR PC/AT SYSTEM, USA : IBM Co.

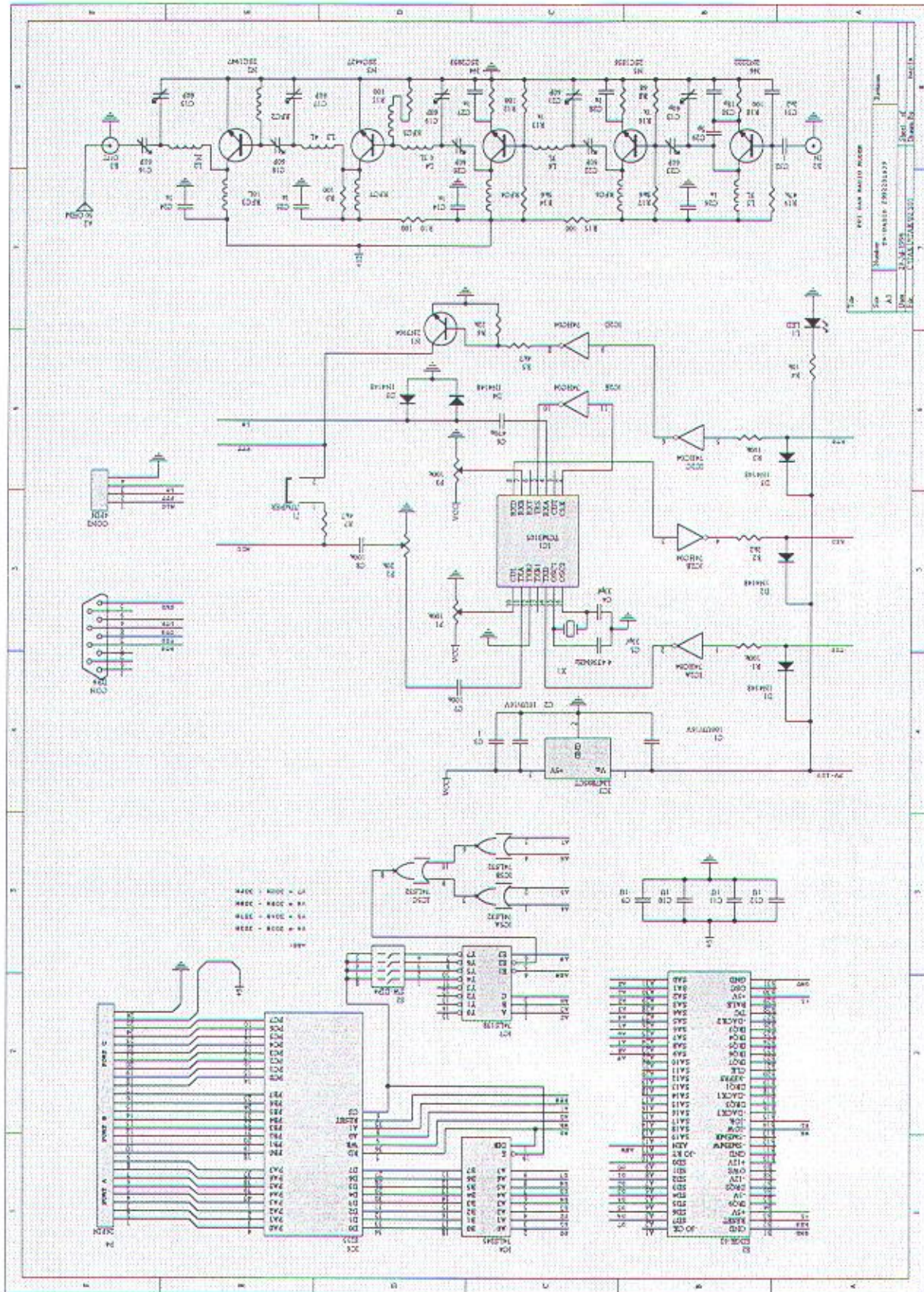


# RANGKAIAN AKUISISI DATA DENGAN AD 574AJ





# RANGKAIAN PPI 8255 DAN RADIO MODEM 1200 BPS





## LISTING PROGRAM

```
#include <conio.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <dos.h>
#include <bios.h>
#include <math.h>

#define COM2 1
#define DATA_READY 0x100
#define TRUE 1
#define FALSE 0
#define SETTINGS (_COM_1200 | _COM_CHR8 |
_COM_STOP1 | _COM_NOPARITY)

float dataadc();
float data[8];
unsigned char sibuk;
int panjang=4;
double dat,jst;
float sinu;

int m,n,p,amp,amp1,first,jenis;
long int k;
float weight_I[4],weight_IH[4],weight_HO[2],rasioy;
float weight_IHF[4][8],weight_HOF[2][8];
double net_in,net_hid,net_out,OUT;
double out_hid,out_out[2],out_in[4];
double Err[2],Eta,Err_hid,Error,nil_dc;
char *nError,*namp,*namp1;

void lcd();
void kiriminit(unsigned char wah,unsigned char wal);
void kiriminit2(unsigned char wah,unsigned char wal);
void dataku();
void tulisdata();

float dataadc()
{
    int i,j,k;
    unsigned char al,data1;
    int temp;
    float a,b;

    for (i=0;i<=1000;i++)
    {
        asm(
            mov dx,305h
            in al,dx
        )

        for (j=0;j<=10;i++)
        {
            do
            {
                asm(
                    mov dx,307h
                    in al,dx
                    and al,10h
                )

                while(al==0x10);
            }

            asm(
                mov dx,306h
                in al,dx

                mov data1,al

                mov dx,307h
            )
        }
    }

    in al,dx

    and al,0fh
    mov ah,al
    mov al,data1
    mov temp,ax

    if(temp>=2048)
    {
        k=temp-2048;
        b=k*(10./2048);
    }

    if(temp<2048)
    {
        k=2048-temp;
        b=k*(10./2048)*-1;
    }

    return b;
}

void ready()
{
    outportb(0x303,0x90); //inis pa in
    outportb(0x301,0x12); //w1

    do
    {
        sibuk=inportb(0x300);
        sibuk = sibuk & 0x80;
    }
    while(sibuk==0x80);
    outportb(0x301,0x02);
    outportb(0x303,0x80);
    outportb(0x301,0x02);
}

void ready2()
{
    outportb(0x303,0x90); //inis pa in
    outportb(0x301,0x22); //w2

    do
    {
        sibuk=inportb(0x300);
        sibuk = sibuk & 0x80;
    }
    while(sibuk==0x80);
    outportb(0x301,0x02);
    outportb(0x303,0x80);
    outportb(0x301,0x02);
}

void kiriminit(unsigned char wah,unsigned char wal)
{
    ready();
    outportb(0x303,0x80); //inisialisasi out
    outportb(0x300,wah); //start
    outportb(0x301,wah); //data
    wah = wah & 0x0f;
    wah = wah | 0x10;
    outportb(0x301,wah);
    outportb(0x301,0x00);
}

void kiriminit2(unsigned char wah,unsigned char wal)
{
    ready2();
    outportb(0x303,0x80); //inisialisasi out
    outportb(0x300,wah); //start
    outportb(0x301,wah); //data
    wah = wah & 0x0f;
    wah = wah | 0x20;
    outportb(0x301,wah);
    outportb(0x301,0x00);
}
```



```

    }

    void posisi(unsigned char baris,unsigned char kolom)
    {
        unsigned char a,b,c,d;

        switch(baris)
        {
            case 1:
                a = 0x80 + kolom;
                kiriminit(0x00,a);
                break;
            case 2:
                b = 0xc0 + kolom;
                kiriminit(0x00,b);
                break;
            case 3:
                c = 0x80 + kolom;
                kiriminit2(0x00,c);
                break;
            case 4:
                d = 0xc0 + kolom;
                kiriminit2(0x00,d);
                break;
        }
    }

    void lcd()
    {
        unsigned char baris,kolom;

        clrscr();

        int jumlah,k;

        char *nama1="V.Cell :   Volt";
        char *nama2="I.Cell :   Amp.";
        char *nama3="Suhu :      C";
        char *nama4="Motion :    RPM ";
        char *nama5="V.Batt :    Volt";
        char *nama6="I.Batt :    Amp.";
        char *nama7="I.Motor:    Amp.";
        char *nama8="Kec. :      Km/h";
        char *datnama8;

        posisi(1,0);
        jumlah = strlen(nama1);
        for(k=0;k<jumlah;k++)
            kiriminit(0x11,nama1[k]);

        posisi(2,0);
        jumlah = strlen(nama2);
        for(k=0;k<jumlah;k++)
            kiriminit(0x11,nama2[k]);

        posisi(3,0);
        jumlah = strlen(nama3);
        for(k=0;k<jumlah;k++)
            kiriminit2(0x21,nama3[k]);

        posisi(4,0);
        jumlah = strlen(nama4);
        for(k=0;k<jumlah;k++)
            kiriminit2(0x21,nama4[k]);

        posisi(1,21);
        jumlah = strlen(nama5);
        for(k=0;k<jumlah;k++)
            kiriminit(0x11,nama5[k]);

        posisi(2,21);
        jumlah = strlen(nama6);
        for(k=0;k<jumlah;k++)
            kiriminit(0x11,nama6[k]);

        posisi(3,21);
        jumlah = strlen(nama7);
        for(k=0;k<jumlah;k++)
            kiriminit2(0x21,nama7[k]);

        posisi(4,21);
        jumlah = strlen(nama8);
        for(k=0;k<jumlah;k++)
            kiriminit2(0x21,nama8[k]);
    }

    void tulisdata()
    {
        char *datnama8;
        int jumlah,k,dec,sign;
        float dataku;

        dataku= data[0];
        gcvt(dataku,panjang,datnama8);

        posisi(2,9); //icell
        jumlah = strlen(datnama8);
        if(jumlah>5)jumlah=5;
        for(k=0;k<jumlah;k++)
            kiriminit(0x11,datnama8[k]);

        dataku=data[1];
        gcvt(dataku,panjang,datnama8);

        posisi(2,30); //ibatt
        jumlah = strlen(datnama8);
        if(jumlah>5)jumlah=5;
        for(k=0;k<jumlah;k++)
            kiriminit(0x11,datnama8[k]);

        dataku=data[2];
        gcvt(dataku,panjang,datnama8);

        posisi(3,30); //imotor
        jumlah = strlen(datnama8);
        if(jumlah>5)jumlah=5;
        for(k=0;k<jumlah;k++)
            kiriminit2(0x21,datnama8[k]);

        dataku=data[3];
        gcvt(dataku,panjang,datnama8);

        posisi(3,9); //suhu
        jumlah = strlen(datnama8);
        if(jumlah>5)jumlah=5;
        for(k=0;k<jumlah;k++)
            kiriminit2(0x21,datnama8[k]);

        posisi(3,15); //derajad
        kiriminit2(0x21,0x0df);

        dataku= data[4];
        gcvt(dataku,panjang,datnama8);

        posisi(1,9); //vcell
        jumlah = strlen(datnama8);
        if(jumlah>5)jumlah=5;

        for(k=0;k<jumlah;k++)
            kiriminit(0x11,datnama8[k]);

        dataku= data[5];
        gcvt(dataku,panjang,datnama8);

        posisi(1,30); //vbatt
        jumlah = strlen(datnama8);
        if(jumlah>5)jumlah=5;
    }

```

```

        for(k=0;k<jumlah;k++)
        kiriminit(0x11,datnama8[k]);

        dataku=data[6];
        gcvt(dataku,panjang,datnama8);

        posisi(4,9); //rpm
        jumlah = strlen(datnama8);
        if(jumlah>5)jumlah=5;
        for(k=0;k<jumlah;k++)
        kiriminit2(0x21,datnama8[k]);

        dataku=data[7];
        gcvt(dataku,panjang,datnama8);

        posisi(4,30); //kec
        jumlah = strlen(datnama8);
        if(jumlah>5)jumlah=5;
        for(k=0;k<jumlah;k++)
        kiriminit2(0x21,datnama8[k]);
    }

    void modem()
    {
        char *datmodem;
        float datamodem;
        int pmodem=5;
        _bios_serialcom(_COM_INIT, COM2, SETTINGS);
        int i,k,l;
        _bios_serialcom(_COM_SEND, COM2,'#');
        for(l=0;l<8;l++)
        {
            datamodem=data[l];
            gcvt(datamodem,pmodem,datmodem);
            k = strlen(datmodem);
            // if(k>5)k=5;

            for(i=0;i<k;i++)
            _bios_serialcom(_COM_SEND, COM2,
            datmodem[i]);

        }
    }
    //=====

    void writebot(int datake);
    void init1();

    void init()
    {
        int i;
        for(i=0;i<8;i++)
        {
            for(m=0;m<=3;m++)
            {
                weight_IHF[m][i]=float(random(100)/1000.0);
            }
        }

        for(i=0;i<8;i++)
        {
            for(p=0;p<=1;p++)
            {
                weight_HOF[p][i]=float(random(100)/1000.0);
            }
        }
        for(i=0;i<8;i++)
        writebot(i);
        init1();
    }

    void init1()
    {
        int i;

```

```

        Error=0.0;
        Err[0]=Err[1]=0.0;
        for(m=0;m<=3;m++)
        { out_in[m]=0.0; }
        out_hid=0.0;
        randomize();

        for(m=0;m<=3;m++)
        {
            weight_IH[m]=float(random(100)/1000.0);
            weight_l[m]=1.0;
        }

        for(p=0;p<=1;p++)
        {
            weight_HO[p]=float(random(100)/1000.0);
        }
    }

    void init2()
    {
        Error=0.0;
        Err[0]=Err[1]=0.0;
        for(m=0;m<=3;m++)
        { out_in[m]=0.0; }
        out_hid=0.0;
        randomize();

        for(m=0;m<=3;m++)
        {
            weight_IH[m]=15.0;
            weight_l[m]=1.0;
        }
        for(p=0;p<=1;p++)
        {
            weight_HO[p]=15.0;
        }
    }

    float backpro1(float sinus2)
    {
        /* Memulai proses Forward */
        /* Input layer */
        float hasiljst;
        for(m=0;m<=3;m++)
        {
            OUT=exp(-(weight_l[m]*(float(sinus2))));
            out_in[m]=((2.0/(1.0+OUT))-1.0);
        }

        /* Hidden layer */
        for(m=0;m<=3;m++)
        {
            net_hid+=(weight_IH[m]*out_in[m]);
        }
        OUT=exp(-(net_hid));
        out_hid=((2.0/(1.0+OUT))-1.0);
        net_hid=0.0;

        /* Output layer */
        for(p=0;p<=1;p++)
        {
            net_out=(weight_HO[p]*out_hid);
            OUT=exp(-(net_out));
            out_out[p]=((2.0/(1.0+OUT))-1.0);
        }
        Error+=0.5*((sinus2-out_out[0])*(sinus2-out_out[0]));

        /* Proses Backpro */
        for(p=0;p<=1;p++)
        {
            Err[p]=0.5*(sinus2-out_out[p])*(1-
            (out_out[p]*out_out[p]));

```

```

    Err_hid=0.5*(1-
(out_hid*out_hid))*weight_HO[p]*Err[p];
    weight_HO[p]+=((Eta*out_hid)*Err[p]);
}
for(m=0;m<=3;m++)
{
    weight_IH[m]+=((Eta*Err_hid)*out_in[m]);
}
    Error= sinus2-(out_out[0]*sinus2);

    hasiljst = out_out[0]*sinus2;
    return hasiljst;
}

void readbobot(int datake)
{
    int i,j;
    FILE *baca;

    if((baca=fopen("DADIK.DAT","rb"))==NULL)
    {
        printf("salah baca");
    }
    else
    {
        for(i=0;i<8;i++)
        fread(weight_IHF[i],sizeof(weight_IHF),4,baca);
        for(i=0;i<2;i++)
        fread(weight_HOF[i],sizeof(weight_HOF),2,baca);
    }
    fclose(baca);

    for(i=0;i<8;i++)
    {
        if(datake==i)
        {
            for(j=0;j<=3;j++)
            weight_IH[j]=weight_IHF[j][i];

            for(j=0;j<=1;j++)
            weight_HOF[j][i]=weight_HO[j];
        }
    }
}

void writebobot(int datake)
{
    int i,j;
    FILE *tulis;

    for(i=0;i<8;i++)
    {
        if(i==datake)
        {
            for(j=0;j<=3;j++)
            weight_IHF[j][i]=weight_IH[j];

            for(j=0;j<=1;j++)
            {
                weight_HOF[j][i]=weight_HO[j];
            }
        }
    }

    if((tulis=fopen("DADIK.DAT","wb"))==NULL)
    {
        printf("salah tulis");
    }
    else
    {
        for(i=0;i<8;i++)
        fwrite(weight_IHF[i],sizeof(weight_IHF),4,tulis);

        for(i=0;i<2;i++)
        fwrite(weight_HOF[i],sizeof(weight_HOF),2,tulis);
    }
}

void coba(int ke)
{
    int j,k,i;

    init2();
    for(i=0;i<8;i++)
    for(m=0;m<=3;m++)
    {
        weight_IHF[m][i]=float(i);
    }

    for(i=0;i<8;i++)
    for(p=0;p<=1;p++)
    {
        weight_HOF[p][i]=float(i);
    }

    writebobot(ke);

    for(i=0;i<8;i++){
        for(m=0;m<=3;m++){
            weight_IHF[m][i]=10.0;
        }
    }

    for(i=0;i<8;i++){
        for(p=0;p<=1;p++){
            weight_HOF[p][i]=10.0;
        }
    }
}

float prosesrun(float input)
{
    float j;
    double pol;
    j=backpro1(input);
    return j;
}

void training()
{
    double dat,sinus2,pol = 10.00;
    int i,j;

    float jst;

    Eta=0.15;
    clrscr();
    init();
    do{
        for(i=0;i<8;i++)
        {
            dat= float(random(100));
            if(dat==0.00)dat=0.1;
            sinus2= -1.0*float(random(100))/dat;
            if(sinus2 < 0.0)
            pol=-1.0;
            else{pol=1.0;}
            jst = pol*prosesrun(sinus2);
            printf("dat %d input %lf hasil %f\n",i,sinus2,jst);
        }
    }while(!kbhit());
}

```



```

void runing()
{
double pol,dat,jst,sinus2 = 10.00;
int i;
    Eta=0.15;
    clrscr();
    init2();
    do{
        for(i=0;i<8;i++)
        {
            dat= float(random(100));
            if(dat==0.00)dat=0.1;
            sinus2= -1.0*float(random(100))/dat;
            if(sinus2 < 0.0)
                pol=-1.0;
            else{pol=1.0;}

            readbobot(i);
            jst = pol*prosesrun(sinus2);
        }
    }while(!kbhit());
}

void percobaan()
{
    int i,j;
    clrscr();
    int ke=5;

    coba(ke);
    readbobot(ke);

    for(i=0;i<8;i++)
    {
        for(m=0;m<=3;m++)
        {
            printf("IH%f %d %d",weight_IHF[m][i],m,i);
            printf("\n");
        }

        for(l=0;l<8;l++){
            for(p=0;p<=1;p++){
                printf(" HO%f",weight_HOF[p][l]);
            }printf("\n");
        }
        printf("\n");
        for(m=0;m<=1;m++)
        {
            printf("HO%f",weight_HO[m]);
        }
    }

}

//=====

void main()
{
    unsigned char var[8];
    init1();
    //inisialisasi ppi
        outport(0x303,0x80);
        outport(0x301,0x01);

        kiriminit(0x10,0x01); //clear_screen
        kiriminit2(0x20,0x01);

    //inisialisasi lcd
        kiriminit(0x10,0x38);
        kiriminit(0x10,0x0c); //0eh kursor on 0ch
    kursor off
        kiriminit(0x10,0x06); //0fh kursor blink

```

```

        kiriminit2(0x20,0x38);
        kiriminit2(0x20,0x0c); //0eh kursor on 0ch
    kursor off
        kiriminit2(0x20,0x06); //0fh kursor blink

    //looping multiplex analog
        lcd();

        for(;;){
            outportb(0x303,0x80);

            for(int l=0;l<8;l++){
                {
                    var[l] = 0x00 + l;
                    outportb(0x302,var[l]);
                    delay(100);
                    data[l] = dataadc();

                    if(l==7)
                        data[l]=data[l]/3.0;

                    Eta=0.35;

                    jst = prosesrun(data[l]);
                    printf("dat %d input %f hasil %f\n",l,data[l],jst);

                }
                printf("\n");
                tulisdata();
                modem();

                if (kbhit())
                if (getch() == '\x1B')
                {
                    kiriminit(0x10,0x08);
                    kiriminit2(0x20,0x08);
                    break;
                }
            }
        }
    }
}

```



National  
Semiconductor  
Corporation

## LM2907/LM2917 Frequency to Voltage Converter

### General Description

The LM2907, LM2917 series are monolithic frequency to voltage converters with a high gain op amp/comparator designed to operate a relay, lamp, or other load when the input frequency reaches or exceeds a selected rate. The tachometer uses a charge pump technique and offers frequency doubling for low ripple, full input protection in two versions (LM2907-8, LM2917-8) and its output swings to ground for a zero frequency input.

### Advantages

- Output swings to ground for zero frequency input
- Easy to use;  $V_{OUT} = f_{IN} \times V_{CC} \times R1 \times C1$
- Only one RC network provides frequency doubling
- Zener regulator on chip allows accurate and stable frequency to voltage or current conversion (LM2917)

### Features

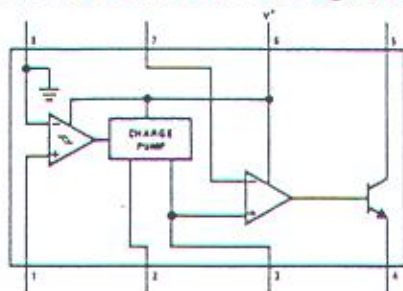
- Ground referenced tachometer input interfaces directly with variable reluctance magnetic pickups
- Op amp/comparator has floating transistor output
- 50 mA sink or source to operate relays, solenoids, meters, or LEDs

- Frequency doubling for low ripple
- Tachometer has built-in hysteresis with either differential input or ground referenced input
- Built-in zener on LM2917
- $\pm 0.3\%$  linearity typical
- Ground referenced tachometer is fully protected from damage due to swings above  $V_{CC}$  and below ground

### Applications

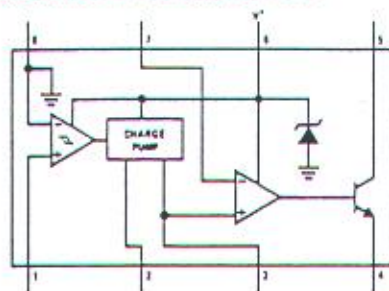
- Over/under speed sensing
- Frequency to voltage conversion (tachometer)
- Speedometers
- Breaker point dwell meters
- Hand-held tachometer
- Speed governors
- Cruise control
- Automotive door lock control
- Clutch control
- Horn control
- Touch or sound switches

### Block and Connection Diagrams Dual-In-Line and Small Outline Packages, Top Views



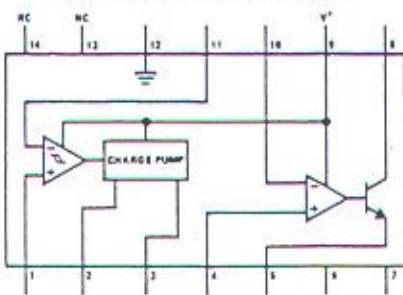
TL/H/7942-1

Order Number LM2907N-8  
See NS Package Number N08E



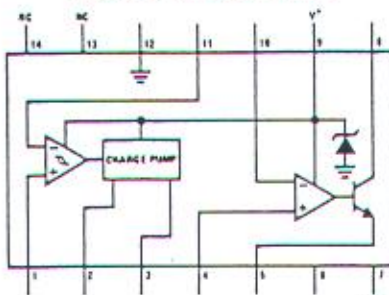
TL/H/7942-2

Order Number LM2917N-8  
See NS Package Number N08E



TL/H/7942-3

Order Number LM2907N  
See NS Package Number N14A



TL/H/7942-4

Order Number LM2917M or LM2917N  
See NS Package Number M14A or N14A



## Electrical Characteristics $V_{CC} = 12 V_{DC}$ , $T_A = 25^\circ C$ , see test circuit (Continued)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
<b>ZENER REGULATOR</b>						
	Regulator Voltage	$R_{DRCP} = 470\Omega$		7.56		V
	Series Resistance			10.5	15	$\Omega$
	Temperature Stability			+1		mV/ $^\circ C$
	TOTAL SUPPLY CURRENT			3.8	6	mA

Note 1: For operation in ambient temperatures above  $25^\circ C$ , the device must be derated based on a  $150^\circ C$  maximum junction temperature and a thermal resistance of  $101^\circ C/W$  junction to ambient for LM2907-8 and LM2917-8, and  $75^\circ C/W$  junction to ambient for LM2907-14 and LM2917-14.

Note 2: Hysteresis is the sum  $+V_{TH} - (-V_{TH})$ , offset voltage is their difference. See test circuit.

Note 3:  $V_{OH}$  is equal to  $\frac{3}{4} \times V_{CC} - 1 V_{BE}$ ,  $V_{OL}$  is equal to  $\frac{1}{4} \times V_{CC} - 1 V_{BE}$  therefore  $V_{OH} - V_{OL} = V_{CC}/2$ . The difference,  $V_{OH} - V_{OL}$ , and the mirror gain,  $I_2/I_3$ , are the two factors that cause the tachometer gain constant to vary from 1.0.

Note 4: Be sure when choosing the time constant  $R1 \times C1$  that  $R1$  is such that the maximum anticipated output voltage at pin 3 can be reached with  $I_3 \times R1$ . The maximum value for  $R1$  is limited by the output resistance of pin 3 which is greater than  $10 M\Omega$  typically.

Note 5: Nonlinearity is defined as the deviation of  $V_{OUT}$  (pin 3) for  $f_{IN} = 5$  kHz from a straight line defined by the  $V_{OUT}$  @ 1 kHz and  $V_{OUT}$  @ 10 kHz.  $C1 = 1000$  pF,  $R1 = 88k$  and  $C2 = 0.22$  mF.

## General Description (Continued)

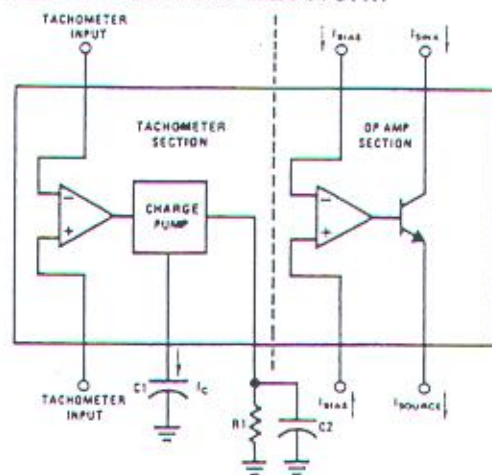
The op amp/comparator is fully compatible with the tachometer and has a floating transistor as its output. This feature allows either a ground or supply referred load of up to 50 mA. The collector may be taken above  $V_{CC}$  up to a maximum  $V_{CE}$  of 28V.

The two basic configurations offered include an 8-pin device with a *ground referenced tachometer* input and an internal connection between the tachometer output and the op amp non-inverting input. This version is well suited for single speed or frequency switching or fully buffered frequency to voltage conversion applications.

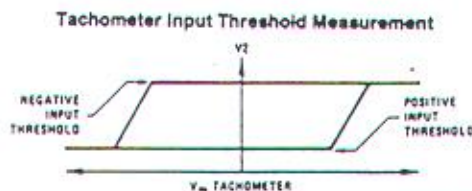
The more versatile configurations provide differential tachometer input and uncommitted op amp inputs. With this version the tachometer input may be floated and the op amp becomes suitable for active filter conditioning of the tachometer output.

Both of these configurations are available with an active shunt regulator connected across the power leads. The regulator clamps the supply such that stable frequency to voltage and frequency to current operations are possible with any supply voltage and a suitable resistor.

## Test Circuit and Waveform



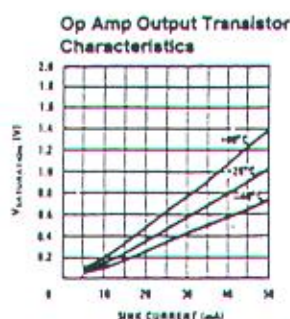
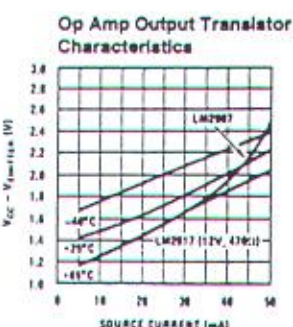
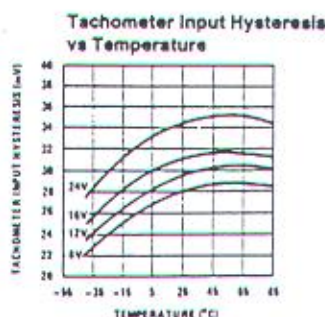
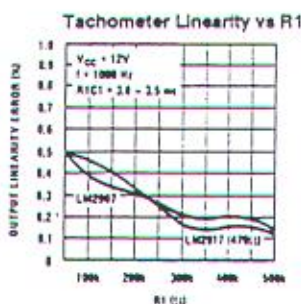
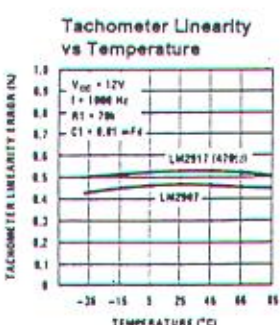
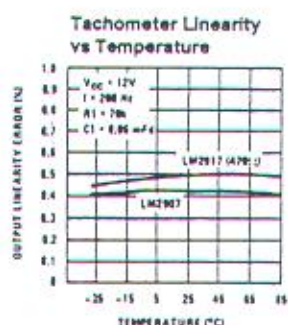
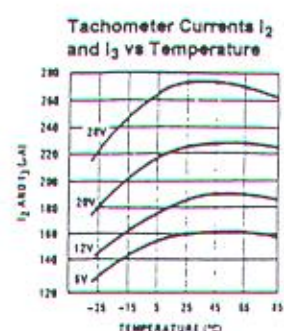
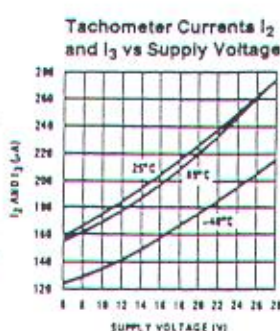
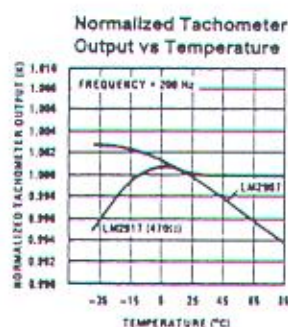
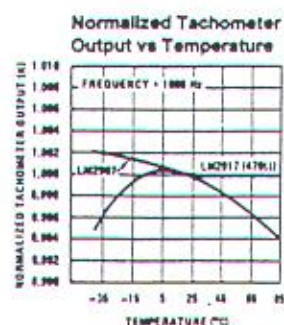
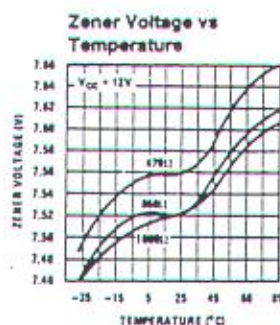
TL/H/7942-6



TL/H/7942-7



## Typical Performance Characteristics





## Applications Information

The LM2907 series of tachometer circuits is designed for minimum external part count applications and maximum versatility. In order to fully exploit its features and advantages let's examine its theory of operation. The first stage of operation is a differential amplifier driving a positive feedback flip-flop circuit. The input threshold voltage is the amount of differential input voltage at which the output of this stage changes state. Two options (LM2907-8, LM2917-8) have one input internally grounded so that an input signal must swing above and below ground and exceed the input thresholds to produce an output. This is offered specifically for magnetic variable reluctance pickups which typically provide a single-ended ac output. This single input is also fully protected against voltage swings to  $\pm 28\text{V}$ , which are easily attained with these types of pickups.

The differential input options (LM2907, LM2917) give the user the option of setting his own input switching level and still have the hysteresis around that level for excellent noise rejection in any application. Of course in order to allow the inputs to attain common-mode voltages above ground, input protection is removed and neither input should be taken outside the limits of the supply voltage being used. It is very important that an input not go below ground without some resistance in its lead to limit the current that will then flow in the epi-substrate diode.

Following the input stage is the charge pump where the input frequency is converted to a dc voltage. To do this requires one timing capacitor, one output resistor, and an integrating or filter capacitor. When the input stage changes state (due to a suitable zero crossing or differential voltage on the input) the timing capacitor is either charged or discharged linearly between two voltages whose difference is  $V_{CC}/2$ . Then in one half cycle of the input frequency or a time equal to  $1/2 f_{IN}$  the change in charge on the timing capacitor is equal to  $V_{CC}/2 \times C_1$ . The average amount of current pumped into or out of the capacitor then is:

$$\frac{\Delta Q}{T} = I_C(\text{AVG}) = C_1 \times \frac{V_{CC}}{2} \times (2f_{IN}) = V_{CC} \times f_{IN} \times C_1$$

The output circuit mirrors this current very accurately into the load resistor  $R_1$ , connected to ground, such that if the pulses of current are integrated with a filter capacitor, then  $V_O = I_C \times R_1$ , and the total conversion equation becomes:

$$V_O = V_{CC} \times f_{IN} \times C_1 \times R_1 \times K$$

Where  $K$  is the gain constant—typically 1.0.

The size of  $C_2$  is dependent only on the amount of ripple voltage allowable and the required response time.

### CHOOSING $R_1$ AND $C_1$

There are some limitations on the choice of  $R_1$  and  $C_1$  which should be considered for optimum performance. The timing capacitor also provides internal compensation for the charge pump and should be kept larger than 500 pF for very accurate operation. Smaller values can cause an error current on  $R_1$ , especially at low temperatures. Several considerations must be met when choosing  $R_1$ . The output current at pin 3 is internally fixed and therefore  $V_O/R_1$  must be less than or equal to this value. If  $R_1$  is too large, it can become a significant fraction of the output impedance at pin 3 which degrades linearity. Also output ripple voltage must be considered and the size of  $C_2$  is affected by  $R_1$ . An expression that describes the ripple content on pin 3 for a single  $R_1C_2$  combination is:

$$V_{\text{RIPPLE}} = \frac{V_{CC}}{2} \times \frac{C_1}{C_2} \times \left(1 - \frac{V_{CC} \times f_{IN} \times C_1}{I_2}\right) \text{ pk-pk}$$

It appears  $R_1$  can be chosen independent of ripple, however response time, or the time it takes  $V_{OUT}$  to stabilize at a new voltage increases as the size of  $C_2$  increases, so a compromise between ripple, response time, and linearity must be chosen carefully.

As a final consideration, the maximum attainable input frequency is determined by  $V_{CC}$ ,  $C_1$  and  $I_2$ :

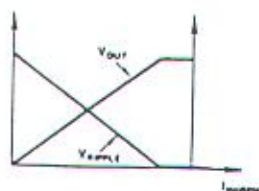
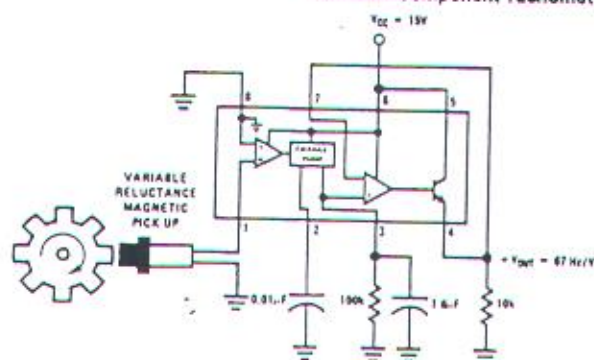
$$f_{\text{MAX}} = \frac{I_2}{C_1 \times V_{CC}}$$

### USING ZENER REGULATED OPTIONS (LM2917)

For those applications where an output voltage or current must be obtained independent of supply voltage variations, the LM2917 is offered. The most important consideration in choosing a dropping resistor from the unregulated supply to the device is that the tachometer and op amp circuitry alone require about 3 mA at the voltage level provided by the zener. At low supply voltages there must be some current flowing in the resistor above the 3 mA circuit current to operate the regulator. As an example, if the raw supply varies from 9V to 16V, a resistance of 470 $\Omega$  will minimize the zener voltage variation to 160 mV. If the resistance goes under 400 $\Omega$  or over 600 $\Omega$  the zener variation quickly rises above 200 mV for the same input variation.

## Typical Applications

Minimum Component Tachometer





## LM35/LM35A/LM35C/LM35CA/LM35D Precision Centigrade Temperature Sensors

### General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of  $\pm 1/4^\circ\text{C}$  at room temperature and  $\pm 3/4^\circ\text{C}$  over a full  $-55$  to  $+150^\circ\text{C}$  temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only  $60\ \mu\text{A}$  from its supply, it has very low self-heating, less than  $0.1^\circ\text{C}$  in still air. The LM35 is rated to operate over a  $-55^\circ$  to  $+150^\circ\text{C}$  temperature range, while the LM35C is rated for a  $-40^\circ$  to  $+110^\circ\text{C}$  range ( $-10^\circ$  with improved accuracy). The LM35 series is

available packaged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C is also available in the plastic TO-92 transistor package.

### Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear  $+10.0\ \text{mV}/^\circ\text{C}$  scale factor
- $0.5^\circ\text{C}$  accuracy guaranteeable (at  $+25^\circ\text{C}$ )
- Rated for full  $-55^\circ$  to  $+150^\circ\text{C}$  range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than  $60\ \mu\text{A}$  current drain
- Low self-heating,  $0.08^\circ\text{C}$  in still air
- Nonlinearity only  $\pm 1/4^\circ\text{C}$  typical
- Low impedance output,  $0.1\ \Omega$  for 1 mA load

### Connection Diagrams

TO-46  
Metal Can Package\*

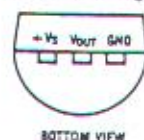


TL/H/5516-1

\*Case is connected to negative pin

Order Number LM35H, LM35AH,  
LM35CH, LM35CAH or LM35DH  
See NS Package Number H03H

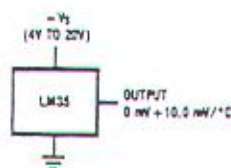
TO-92  
Plastic Package



TL/H/5516-2

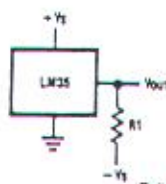
Order Number LM35CZ or LM35DZ  
See NS Package Number Z03A

### Typical Applications



TL/H/5516-3

FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature  
Sensor ( $+2^\circ\text{C}$  to  $+150^\circ\text{C}$ )



TL/H/5516-4

Choose  $R_1 = -V_S/50\ \mu\text{A}$

$V_{OUT} = +1,500\ \text{mV}$  at  $+150^\circ\text{C}$   
 $= +250\ \text{mV}$  at  $+25^\circ\text{C}$   
 $= -550\ \text{mV}$  at  $-55^\circ\text{C}$

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor



**Absolute Maximum Ratings** (Note 10)

If Military/Aerospace specified devices are required, contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	+35V to -0.2V
Output Voltage	+6V to -1.0V
Output Current	10 mA
Storage Temp., TO-46 Package,	-60°C to +180°C
TO-92 Package,	-60°C to +150°C
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds):	
TO-46 Package,	300°C
TO-92 Package,	260°C

Specified Operating Temperature Range:  $T_{MIN}$  to  $T_{MAX}$   
(Note 2)

LM35, LM35A	-55°C to +150°C
LM35C, LM35CA	-40°C to +110°C
LM35D	0°C to +100°C

**Electrical Characteristics** (Note 1) (Note 6)

Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.2$	$\pm 0.5$		$\pm 0.2$	$\pm 0.5$	$\pm 1.0$	°C
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	$\pm 0.3$			$\pm 0.3$			°C
	$T_A = T_{MAX}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		°C
	$T_A = T_{MIN}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$		$\pm 1.5$	°C
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	$\pm 0.18$		$\pm 0.35$	$\pm 0.15$		$\pm 0.3$	°C
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	+10.0	+9.9, +10.1		+10.0		+9.9, +10.1	mV/°C
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	$\pm 0.5$		$\pm 3.0$	$\pm 0.5$		$\pm 3.0$	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.01$	$\pm 0.05$		$\pm 0.01$	$\pm 0.05$		mV/V
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	$\pm 0.02$		$\pm 0.1$	$\pm 0.02$		$\pm 0.1$	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56	67		56	67		$\mu\text{A}$
	$V_S = +5\text{V}$	105		131	91		114	$\mu\text{A}$
	$V_S = +30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		$\mu\text{A}$
	$V_S = +30\text{V}$	105.5		133	91.5		116	$\mu\text{A}$
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		$\mu\text{A}$
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	0.5		2.0	0.5		2.0	$\mu\text{A}$
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.5	+0.39		+0.5	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	°C
Long Term Stability	$T_J = T_{MAX}$ , for 1000 hours	$\pm 0.08$			$\pm 0.08$			°C

Note 1: Unless otherwise noted, these specifications apply:  $-55^\circ\text{C} \leq T_J \leq +150^\circ\text{C}$  for the LM35 and LM35A;  $-40^\circ\text{C} \leq T_J \leq +110^\circ\text{C}$  for the LM35C and LM35CA; and  $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +100^\circ\text{C}$  for the LM35D.  $V_S = +5\text{Vdc}$  and  $I_{LQAO} = 50 \mu\text{A}$ , in the circuit of Figure 2. These specifications also apply from  $+2^\circ\text{C}$  to  $T_{MAX}$  in the circuit of Figure 1. Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.

Note 2: Thermal resistance of the TO-46 package is  $440^\circ\text{C}/\text{W}$ , junction to ambient, and  $24^\circ\text{C}/\text{W}$  junction to case. Thermal resistance of the TO-92 package is  $180^\circ\text{C}/\text{W}$  junction to ambient.

## Electrical Characteristics (Note 1) (Note 6) (Continued)

Parameter	Conditions	LM35			LM35C, LM35D			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy, LM35, LM35C (Note 7)	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$^{\circ}\text{C}$
	$T_A = -10^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.5$			$\pm 0.5$		$\pm 1.5$	$^{\circ}\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$	$\pm 0.8$	$\pm 1.5$		$\pm 0.8$		$\pm 1.5$	$^{\circ}\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$	$\pm 0.8$		$\pm 1.5$	$\pm 0.8$		$\pm 2.0$	$^{\circ}\text{C}$
Accuracy, LM35D (Note 7)	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$				$\pm 0.6$	$\pm 1.5$		$^{\circ}\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$				$\pm 0.9$		$\pm 2.0$	$^{\circ}\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$				$\pm 0.9$		$\pm 2.0$	$^{\circ}\text{C}$
Nonlinearity (Note 8)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	$\pm 0.3$		$\pm 0.5$	$\pm 0.2$		$\pm 0.5$	$^{\circ}\text{C}$
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	$+10.0$	$+9.8, +10.2$		$+10.0$		$+9.8, +10.2$	$\text{mV}/^{\circ}\text{C}$
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.4$	$\pm 2.0$		$\pm 0.4$	$\pm 2.0$		$\text{mV}/\text{mA}$
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	$\pm 0.5$		$\pm 5.0$	$\pm 0.5$		$\pm 5.0$	$\text{mV}/\text{mA}$
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.01$	$\pm 0.1$		$\pm 0.01$	$\pm 0.1$		$\text{mV}/\text{V}$
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	$\pm 0.02$		$\pm 0.2$	$\pm 0.02$		$\pm 0.2$	$\text{mV}/\text{V}$
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5\text{V}, +25^{\circ}\text{C}$	56	80		56	80		$\mu\text{A}$
	$V_S = +5\text{V}$	<b>105</b>		<b>158</b>	<b>91</b>		<b>138</b>	$\mu\text{A}$
	$V_S = +30\text{V}, +25^{\circ}\text{C}$	56.2	82		56.2	82		$\mu\text{A}$
	$V_S = +30\text{V}$	<b>105.5</b>		<b>161</b>	<b>91.5</b>		<b>141</b>	$\mu\text{A}$
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}, +25^{\circ}\text{C}$	0.2	2.0		0.2	2.0		$\mu\text{A}$
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	<b>0.5</b>		<b>3.0</b>	<b>0.5</b>		<b>3.0</b>	$\mu\text{A}$
Temperature Coefficient of Quiescent Current		$+0.39$		$+0.7$	$+0.39$		$+0.7$	$\mu\text{A}/^{\circ}\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	$+1.5$		$+2.0$	$+1.5$		$+2.0$	$^{\circ}\text{C}$
Long Term Stability	$T_J = T_{\text{MAX}}$ , for 1000 hours	$\pm 0.08$			$\pm 0.08$			$^{\circ}\text{C}$

Note 3: Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output due to heating effects can be computed by multiplying the internal dissipation by the thermal resistance.

Note 4: Tested Limits are guaranteed and 100% tested in production.

Note 5: Design Limits are guaranteed (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.

Note 6: Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.

Note 7: Accuracy is defined as the error between the output voltage and  $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$  times the device's case temperature, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in  $^{\circ}\text{C}$ ).

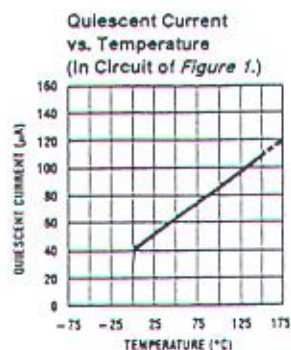
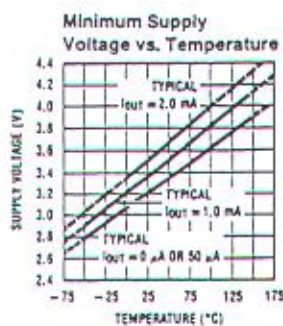
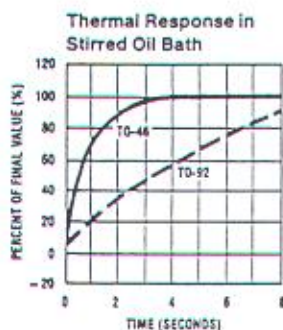
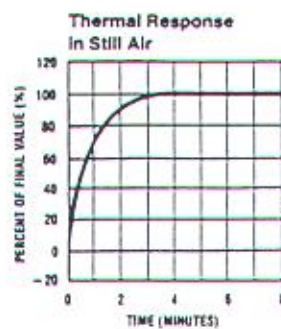
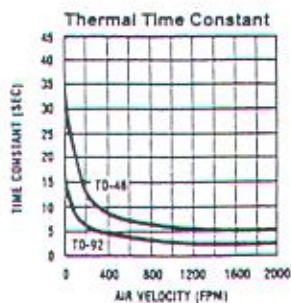
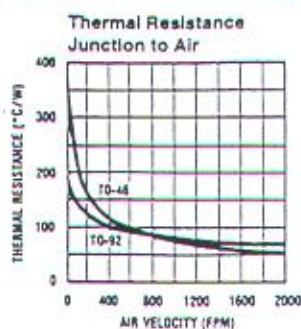
Note 8: Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the device's rated temperature range.

Note 9: Quiescent current is defined in the circuit of Figure 1.

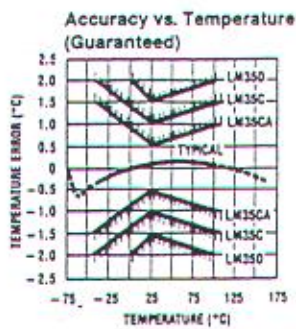
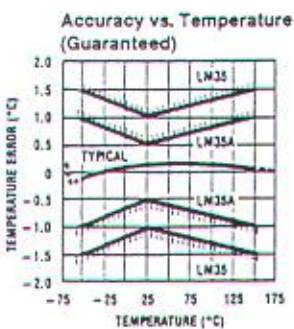
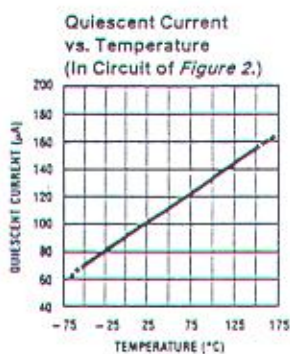
Note 10: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See Note 1.



## Typical Performance Characteristics



TL/H/5516-17



TL/H/5516-18





## Applications

The LM35 can be applied easily in the same way as other integrated-circuit temperature sensors. It can be glued or cemented to a surface and its temperature will be within about 0.01°C of the surface temperature.

This presumes that the ambient air temperature is almost the same as the surface temperature; if the air temperature were much higher or lower than the surface temperature, the actual temperature of the LM35 die would be at an intermediate temperature between the surface temperature and the air temperature. This is especially true for the TO-92 plastic package, where the copper leads are the principal thermal path to carry heat into the device, so its temperature might be closer to the air temperature than to the surface temperature.

To minimize this problem, be sure that the wiring to the LM35, as it leaves the device, is held at the same temperature as the surface of interest. The easiest way to do this is to cover up these wires with a bead of epoxy which will insure that the leads and wires are all at the same temperature as the surface, and that the LM35 die's temperature will not be affected by the air temperature.

The TO-46 metal package can also be soldered to a metal surface or pipe without damage. Of course, in that case the V- terminal of the circuit will be grounded to that metal. Alternatively, the LM35 can be mounted inside a sealed-end metal tube, and can then be dipped into a bath or screwed into a threaded hole in a tank. As with any IC, the LM35 and accompanying wiring and circuits must be kept insulated and dry, to avoid leakage and corrosion. This is especially true if the circuit may operate at cold temperatures where condensation can occur. Printed-circuit coatings and varnishes such as Humiseal and epoxy paints or dips are often used to insure that moisture cannot corrode the LM35 or its connections.

These devices are sometimes soldered to a small lightweight heat fin, to decrease the thermal time constant and speed up the response in slowly-moving air. On the other hand, a small thermal mass may be added to the sensor, to give the steadiest reading despite small deviations in the air temperature.

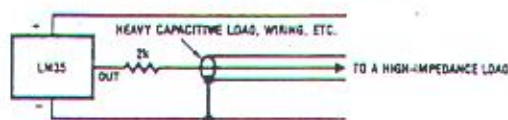
Temperature Rise of LM35 Due To Self-heating (Thermal Resistance)

	TO-46, no heat sink	TO-46, small heat fin*	TO-92, no heat sink	TO-92, small heat fin**
Still air	400°C/W	100°C/W	180°C/W	140°C/W
Moving air	100°C/W	40°C/W	90°C/W	70°C/W
Still oil	100°C/W	40°C/W	90°C/W	70°C/W
Stirred oil	50°C/W	30°C/W	45°C/W	40°C/W
(Clamped to metal, Infinite heat sink)	(24°C/W)			

\* Wakefield type 201, or 1" disc of 0.020" sheet brass, soldered to case, or similar.

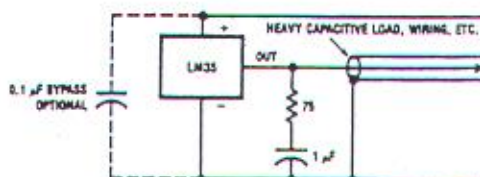
\*\* TO-92 package glued and leads soldered to 1" square of 1/16" printed circuit board with 2 oz. foil or similar.

## Typical Applications (Continued)



TL/H/5516-19

FIGURE 3. LM35 with Decoupling from Capacitive Load



TL/H/5516-20

FIGURE 4. LM35 with R-C Damper

### CAPACITIVE LOADS

Like most micropower circuits, the LM35 has a limited ability to drive heavy capacitive loads. The LM35 by itself is able to drive 50 pF without special precautions. If heavier loads are anticipated, it is easy to add a decoupling capacitor to the output; see Figure 3. Or you can improve the tolerance by capacitance with a series R-C damper from output to ground; see Figure 4.

When the LM35 is applied with a 200Ω load resistor as shown in Figure 5, 6, or 8, it is relatively immune to wiring

capacitance because the capacitance forms a bypass from ground to input, not on the output. However, as with any linear circuit connected to wires in a hostile environment, its performance can be affected adversely by intense electromagnetic sources such as relays, radio transmitters, motors with arcing brushes, SCR transients, etc., as its wiring can act as a receiving antenna and its internal junctions can act as rectifiers. For best results in such cases, a bypass capacitor from  $V_{IN}$  to ground and a series R-C damper such as 75Ω in series with 0.2 or 1 μF from output to ground are often useful. These are shown in Figures 13, 14, and 16.





## Fast, Complete 12-Bit A/D Converter with Microprocessor Interface

### AD574A

#### FEATURES

- Complete 12-Bit A/D Converter with Reference and Clock
- Full 8- or 16-Bit Microprocessor Bus Interface
- 250ns Bus Access Time
- Guaranteed Linearity Over Temperature
  - 0 to +70°C – AD574AJ, AK, AL
  - 55°C to +125°C – AD574AS, AT, AU
- No Missing Codes Over Temperature
- Fast Successive Approximation Conversion – 25µs
- Buried Zener Reference for Long-Term Stability and Low Gain T.C. 10ppm/°C max AD574AL
- 12.5ppm/°C max AD574AU
- Low Profile 28-Pin Ceramic DIP
- Low Power: 390mW
- Low Cost

#### PRODUCT DESCRIPTION

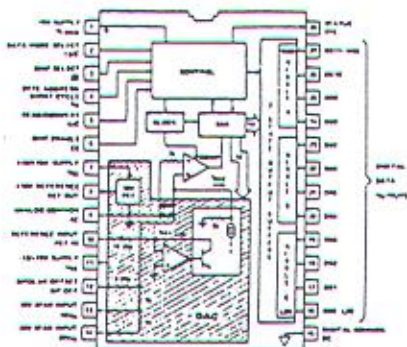
The AD574A is a complete 12-bit successive-approximation analog-to-digital converter with 3-state output buffer circuitry for direct interface to an 8-, 12- or 16-bit microprocessor bus. The AD574A design is implemented with two LSI chips each containing both analog and digital circuitry, resulting in the maximum performance and flexibility at the lowest cost.

One chip is the high performance AD565A 12-bit DAC and voltage reference. It contains the high speed current output switching circuitry, laser-trimmed thin film resistor network, low T.C. buried zener reference and the precision input scaling and bipolar offset resistors. This chip is laser-trimmed at the wafer stage (LWT) to adjust ladder network linearity, voltage reference tolerance and temperature coefficient, and the calibration accuracy of input scaling and bipolar offset resistors.

The second chip uses the proven LCI (linear-compatible integrated injection logic) process to provide the low-power 1<sup>1</sup>/2 successive-approximation register, converter control circuitry, clock, bus interface, and the high performance latching comparator. The precision, low-drift comparator is adjusted for initial input offset error at the wafer stage by the "zener-zap" technique which trims the comparator input stage to 1/10 LSB typical error. This form of trimming, while cumbersome for complex ladder networks, is an attractive alternative to thin film resistor trimming for a simple offset adjustment and eliminates the need for thin film processing for this portion of the circuitry.

The AD574A is available in six different grades. The AD574AJ, AK, and AL grades are specified for operation over the 0 to +70°C temperature range. The AD574AS, AT, and AU are specified for the -55°C to +125°C range. All grades are packaged in a low-profile, 0.600 inch wide, 28-pin hermetically-sealed ceramic DIP.

AD574A FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



#### PRODUCT HIGHLIGHTS

- The AD574A interfaces to most popular microprocessors with an 8-, 12-, or 16-bit bus without external buffers or peripheral interface controllers. Multiple-mode three-state output buffers connect directly to the data bus while the read and convert commands are taken from the control bus. The 12-bits of output data can be read either as one 12-bit word or as two 8-bit bytes (one with 8 data bits, the other with 4 data bits and 4 trailing zeros).
- The precision, laser-trimmed scaling and bipolar offset resistors provide four calibrated ranges, 0 to +10 and 0 to +20 volts unipolar, or -5 to +5 and -10 to +10 volts bipolar. Typical bipolar offset and full scale calibration of  $\pm 0.1\%$  can be trimmed to zero with one external component each.
- The internal buried zener reference is trimmed to 10.00 volts with 1% maximum error and 15ppm/°C typical T.C. The reference is available externally and can drive up to 1.5mA beyond that required for the reference and bipolar offset resistors.
- The two-chip construction renders the AD574A inherently more reliable than hybrid multi-chip designs. All three military grades have guaranteed linearity error over the full -55°C to +125°C and are especially recommended for high performance needs in harsh environments. These units are available processed to MIL-STD-883B, Level B.

# SPECIFICATIONS (typical @ +25°C with VCC = +15V or +12V, VLOGIC = +5V, VEE = -15V or -12V, unless otherwise specified)

## DC AND TRANSFER ACCURACY SPECIFICATIONS

MODEL	AD574AJ	AD574AK	AD574AL	UNITS
RESOLUTION (max)	12	12	12	Bits
LINEARITY ERROR				
25°C (max)	±1	±1/2	±1/2	LSB
T <sub>min</sub> to T <sub>max</sub> (max)	±1	±1/2	±1/2	LSB
DIFFERENTIAL LINEARITY ERROR (Minimum resolution for which no missing codes are guaranteed)				
25°C	11	12	12	Bits
T <sub>min</sub> to T <sub>max</sub>	11	12	12	Bits
UNIPOLAR OFFSET (max) (Adjustable to zero)	±2	±2	±2	LSB
BIPOLAR OFFSET (max) (Adjustable to zero)	±10	±4	±4	LSB
FULL SCALE CALIBRATION ERROR (with fixed 50Ω resistor from REF OUT to REF IN) (Adjustable to zero) 25°C (max)	0.3	0.3	0.3	% of F.S.
T <sub>min</sub> to T <sub>max</sub> (Without Initial Adjustment)	0.5	0.4	0.35	% of F.S.
(With Initial Adjustment)	0.22	0.12	0.05	% of F.S.
TEMPERATURE RANGE		0 to +70		°C
TEMPERATURE COEFFICIENTS (Using internal reference)				
Guaranteed max change T <sub>min</sub> to T <sub>max</sub>				
Unipolar Offset	±2 (10)	±1 (5)	±1 (5)	LSB (ppm/°C)
Bipolar Offset	±2 (10)	±1 (5)	±1 (5)	LSB (ppm/°C)
Full Scale Calibration	±9 (50)	±5 (27)	±2 (10)	LSB (ppm/°C)
POWER SUPPLY REJECTION				
Max change in Full Scale Calibration				
+1.5V ≤ VCC ≤ +16.5V or +11.4V ≤ VCC ≤ +12.6V	±2	±1	±1	LSB
+4.5V ≤ VLOGIC ≤ +5.5V	±1/2	±1/2	±1/2	LSB
-1.5V ≤ VEE ≤ -13.5V or -12.6V ≤ VEE ≤ -11.4V	±2	±1	±1	LSB
ANALOG INPUTS				
Input Ranges				
Bipolar		-5 to +5 -10 to +10		Volts Volts
Unipolar		0 to +10 0 to +20		Volts Volts
Input Impedance				
10 Volt Span		5k (3k min, 7k max)		Ω
20 Volt Span		10k (6k min, 14k max)		Ω
POWER SUPPLIES				
Operating Range				
VLOGIC		+4.5 to +5.5		Volts
VCC		+11.4 to +16.5		Volts
VEE		-11.4 to -16.5		Volts
Operating Current				
ILOGIC		30 typ, 40 max		mA
ICC		2 typ, 3 max		mA
VEE		18 typ, 30 max		mA
POWER DISSIPATION		390 typ, 725 max		mW
INTERNAL REFERENCE VOLTAGE				
Output Current (available for external loads) (External load should not change during conversion)		10.00 ±0.1 (max) 1.5 max <sup>1</sup>		Volts mA
PACKAGE TYPE <sup>2</sup>		D28A		

### NOTES

<sup>1</sup> The reference should be buffered for operation on ±12V supplies.

<sup>2</sup> See Section 10 for package outline information.

Specifications subject to change without notice.



## AD574A Analog Circuit Details

can be set for a particular system requirement. This circuit will give approximately  $\pm 15\text{mV}$  of offset trim range.

The full scale trim is done by applying a signal  $1/2\text{LSB}$  below the nominal full scale (9.9963 for a 10V range). Trim R2 to give the last transition (1111 1111 1110 to 1111 1111 1111).

### BIPOLAR OPERATION

The connections for bipolar ranges are shown in Figure 5. Again, as for the unipolar ranges, if the offset and gain specifications are sufficient, one or both of the trimmers shown can be replaced by a  $50\Omega \pm 1\%$  fixed resistor. The analog input is applied as for the unipolar ranges. Bipolar calibration is similar to unipolar calibration. First, a signal  $1/2\text{LSB}$  above negative full scale ( $-4.9988\text{V}$  for the  $\pm 5\text{V}$  range) is applied and R1 is trimmed to give the first transition (0000 0000 0000 to 0000 0000 0001). Then a signal  $1/2\text{LSB}$  below positive full scale ( $+4.9963\text{V}$  for the  $\pm 5\text{V}$  range) is applied and R2 trimmed to give the last transition (1111 1111 1110 to 1111 1111 1111).

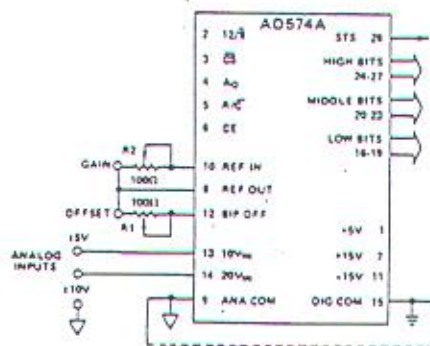


Figure 5. Bipolar Input Connections

### GROUNDING CONSIDERATIONS

The analog common at pin 9 is the ground reference point for the internal reference and is thus the "high quality" ground for the AD574A; it should be connected directly to the analog reference point of the system. In order to achieve all of the high accuracy performance available from the AD574A in an environment of high digital noise content, it is required that the analog and digital commons be connected together at the package. In some situations, the digital common at pin 15 can be connected to the most convenient ground reference point; analog power return is preferred.

### CONVERSION START/DATA READ CONTROL LOGIC

The AD574A contains on-chip logic to provide conversion initiation and data read operations from signals commonly available in microprocessor systems. Figure 6 shows the internal logic circuitry of the AD574A.

The control signals  $\overline{\text{CE}}$ ,  $\overline{\text{CS}}$ , and  $\text{R}/\overline{\text{C}}$  control the operation of the converter. The state of  $\text{R}/\overline{\text{C}}$  when  $\overline{\text{CE}}$  and  $\overline{\text{CS}}$  are both asserted determines whether a data read ( $\text{R}/\overline{\text{C}} = 1$ ) or a convert ( $\text{R}/\overline{\text{C}} = 0$ ) is in progress. The register control inputs  $\text{A}_0$  and  $12/\overline{8}$  control conversion length and data format. The  $\text{A}_0$  line is usually tied to the least significant bit of the address bus. If a conversion is started with  $\text{A}_0$  low, a full 12-bit conversion cycle is initiated. If

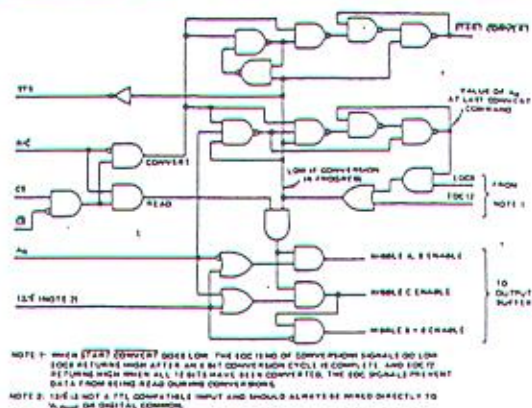


Figure 6. AD574A Control Logic

CE	$\overline{\text{CS}}$	$\text{R}/\overline{\text{C}}$	$12/\overline{8}$	$\text{A}_0$	Operation
0	X	X	X	X	None
X	1	X	X	X	None
1	0	0	X	0	Initiate 12-Bit Conversion
1	0	0	X	1	Initiate 8-Bit Conversion
1	0	1	Pin 1	X	Enable 12-Bit Parallel Output
1	0	1	Pin 15	0	Enable 8 Most Significant Bits
1	0	1	Pin 15	1	Enable 4LSBs + 4 Trailing Zeros

Table 1. AD574A Truth Table

$\text{A}_0$  is high during a convert start, a shorter 8-bit conversion cycle results. During data read operations,  $\text{A}_0$  determines whether the three-state buffers containing the 8 MSBs of the conversion result ( $\text{A}_0 = 0$ ) or the 4 LSBs ( $\text{A}_0 = 1$ ) are enabled. The  $12/\overline{8}$  pin determines whether the output data is to be organized as two 8-bit words ( $12/\overline{8}$  tied to DIGITAL COMMON) or a single 12-bit word ( $12/\overline{8}$  tied to VLOGIC). The  $12/\overline{8}$  pin is not TTL-compatible and must be hard-wired to either VLOGIC or DIGITAL COMMON. In the 8-bit mode, the byte addressed when  $\text{A}_0$  is high contains the 4 LSBs from the conversion followed by four trailing zeroes. This organization allows the data lines to be overlapped for direct interface to 8-bit buses without the need for external three-state buffers.

It is not recommended that  $\text{A}_0$  change state during a data read operation. Asymmetrical enable and disable times of the three-state buffers could cause internal bus contention resulting in potential damage to the AD574A.

An output signal, STS, indicates the status of the converter. STS goes high at the beginning of a conversion and returns low when the conversion cycle is complete.

### TIMING

The AD574 is easily interfaced to a wide variety of microprocessors and other digital systems. Discussion of the timing requirements of the AD574A control signals will provide the system designer with useful insight into the operation of the device.

Figure 7 shows a complete timing diagram for the AD574A convert start operation.  $\text{R}/\overline{\text{C}}$  should be low before both  $\overline{\text{CE}}$  and  $\overline{\text{CS}}$  are asserted; if  $\text{R}/\overline{\text{C}}$  is high, a read operation will momentarily occur, possibly resulting in system bus contention. Either  $\overline{\text{CE}}$  or  $\overline{\text{CS}}$  may be used to initiate a conversion. As shown in Figure 7,



CE is used. If  $\overline{CS}$  is used to trigger conversion or if the specified set-up times are not met, appropriately longer pulses are necessary (to provide at least 200ns when  $R/\overline{C}$ , CE, and  $\overline{CS}$  are all valid). Note that CE includes one less propagation delay than  $\overline{CS}$  and is therefore the faster input.



Figure 7. Convert Start Timing

Once a conversion is started and the STS line goes high, convert start commands will be ignored until the conversion cycle is complete. The output data buffers cannot be enabled during conversion.

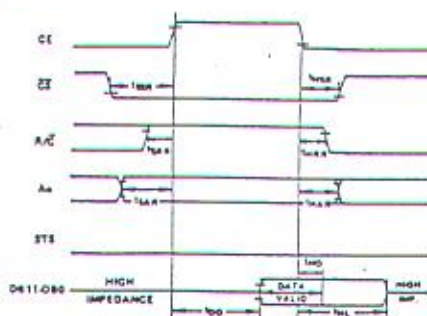


Figure 8. Read Cycle Timing

Figure 8 shows the timing for data read operations. The AD574A differs from the original AD574 design in that the three-state output buffers feature faster access time and shorter data latency times. This speed improvement simplifies the interface to faster microprocessors. During data read operations, access time is measured from the point where CE and  $R/\overline{C}$  both are high (assuming  $\overline{CS}$  is already low). If  $\overline{CS}$  is used to enable the device, access time is extended by 100ns.

In the 8-bit bus interface mode (12/8 input wired to DIGITAL COMMON), the address bit,  $A_0$ , must be stable at least 150ns prior to CE going high and must remain stable during the entire read cycle. If  $A_0$  is allowed to change, damage to the AD574A output buffers may result.

#### "STAND-ALONE" OPERATION

The AD574A can be used in a "stand-alone" mode, which is useful in systems with dedicated input ports available and thus not requiring full bus interface capability.

In this mode, CE and 12/8 are wired high,  $\overline{CS}$  and  $A_0$  are wired low, and conversion is controlled by  $R/\overline{C}$ . The three-state buffers are enabled when  $R/\overline{C}$  is high and a conversion starts when  $R/\overline{C}$

#### AD574A TIMING SPECIFICATIONS

##### CONVERT MODE

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Units
$t_{STDC}$	STS Delay from CE			300	ns
$t_{CEW}$	CE Pulse Width	300			ns
$t_{CS}$	$\overline{CS}$ to CE Setup	300			ns
$t_{CSL}$	$\overline{CS}$ Low During CE High	200			ns
$t_{R/C}$	$R/\overline{C}$ to CE Setup	250			ns
$t_{R/CL}$	$R/\overline{C}$ Low During CE High	200			ns
$t_{A0}$	$A_0$ to CE Setup	0			ns
$t_{A0V}$	$A_0$ Valid During CE High	300			ns
$t_{C}$	Conversion Time				
	8-Bit Cycle	10		24	$\mu$ s
	12-Bit Cycle	15		35	$\mu$ s

##### READ MODE

$t_{DA}$	Access Time (from CE)		210	250	ns
$t_{DV}$	Data Valid after CE Low	25			ns
$t_{DFL}$	Output Float Delay		110	150	ns
$t_{CS}$	$\overline{CS}$ to CE Setup	150			ns
$t_{R/C}$	$R/\overline{C}$ to CE Setup	0			ns
$t_{A0}$	$A_0$ to CE Setup	150			ns
$t_{CS}$	$\overline{CS}$ Valid After CE Low	50			ns
$t_{R/C}$	$R/\overline{C}$ High After CE Low	0			ns
$t_{A0}$	$A_0$ Valid After CE Low	50			ns

goes low. This gives rise to two possible control signals—a high pulse or a low pulse. Operation with a low pulse is shown in Figure 9. In this case, the outputs are forced into the high-impedance state in response to the falling edge of  $R/\overline{C}$  and return to valid logic levels after the conversion cycle is completed. The STS line goes high 500ns after  $R/\overline{C}$  goes low and returns low 300ns after data is valid.

If conversion is initiated by a high pulse as shown in Figure 10, the data lines are enabled during the time when  $R/\overline{C}$  is high. The falling edge of  $R/\overline{C}$  starts the next conversion and the data lines return to three-state (and remain three-state) until the next high pulse of  $R/\overline{C}$ .



Figure 9. Low Pulse for  $R/\overline{C}$  - Outputs Enabled After Conversion



Figure 10. High Pulse for  $R/\overline{C}$  - Outputs Enabled While  $R/\overline{C}$  High, Otherwise High-Z

#### STAND-ALONE MODE TIMING

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Units
$t_{R/CL}$	Low $R/\overline{C}$ Pulse Width	350			ns
$t_{DS}$	STS Delay from $R/\overline{C}$			500	ns
$t_{DVR}$	Data Valid After $R/\overline{C}$ Low	25			ns
$t_{HS}$	STS Delay After Data Valid	300		1000	ns
$t_{H/R}$	High $R/\overline{C}$ Pulse Width	250			ns
$t_{DVR}$	Data Access Time			250	ns

## RIWAYAT HIDUP



Dadik Setyo Widodo, dilahirkan di Desa Kalibaru Wetan, Kecamatan Kalibaru, Kabupaten Banyuwangi pada tanggal 12 Oktober 1970. Putra ke-dua dari Bapak Kastiman Mardjo dan Ibu Sri Widayati yang bertempat tinggal di Desa Kalibaru Kulon RT.03 RW.02, Kecamatan Kalibaru, Kabupaten Banyuwangi.

Pendidikan yang sudah ditempuh selama ini :

- ☐ TK Budi Luhur                      1976-1977
- ☐ SDN Kalibaru Kulon II            1977-1983
- ☐ SMPN I Kalibaru                   1983-1986
- ☐ SMAN I Genteng                    1986-1989
- ☐ Terdaftar sebagai mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Elektro pada tahun 1990 dengan Nomor Registrasi Pokok 2902201439.

Selama menjadi mahasiswa pernah aktif :

- ☐ Unit Kegiatan Aeromodelling ITS periode 1990-1992
- ☐ Divisi Workshop Himatektro ITS periode 1992-1994
- ☐ Divisi Kalpataru Himatektro ITS periode 1993-1994
- ☐ Asisten praktikum di lingkungan laboratorium bidang studi elektronika.
- ☐ Divisi Elektrik Proyek Eksperimen Mobil Listrik Tenaga Surya Widya Wahana III ITS.